



# IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO AUTÓNOMA NUMA EMPRESA DO SETOR AUTOMÓVEL

**PEDRO AUGUSTO VINHAES GUARIENTE**

julho de 2017

# **IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO AUTÓNOMA NUMA EMPRESA DO SETOR AUTOMÓVEL**

Pedro Augusto Vinhaes Guariente

**2017**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Mestrado em Engenharia Mecânica – Gestão Industrial



## **IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO AUTÓNOMA NUMA EMPRESA DO SETOR AUTOMÓVEL**

Pedro Augusto Vinhaes Guariente  
1160391

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica – Gestão Industrial, realizada sob a orientação do Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira e co-orientação da Doutora Maria Teresa Ribeiro Pereira e do Doutor Francisco José Gomes Da Silva do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP e do Mestre Neron Alipio Cortes Berghauser do Departamento de Engenharia de Produção da UTFPR campus Medianeira, Brasil.

**2017**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Mestrado em Engenharia Mecânica – Gestão Industrial



## JÚRI

### **Presidente**

Doutor Francisco José Gomes Da Silva

### **Orientador**

Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

### **Co-orientador**

Doutora Maria Teresa Ribeiro Pereira

Professora Adjunta, Instituto Superior de Engenharia do Porto

### **Arguente**

Doutora Isabel da Silva Lopes

Professora Auxiliar, Escola de Engenharia da Universidade do Minho



## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer à empresa em que esta dissertação foi realizada, por ter aberto as portas para mim, e dado a oportunidade e total liberdade de desenvolver as técnicas implementadas com este trabalho. Agradeço também a todos os colegas de trabalho pelo apoio e suporte na realização de minhas atividades dentro desta empresa.

Em seguida, queria agradecer ao meu orientador Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira pela disponibilidade e todo auxílio na realização dessa dissertação. Gostaria também de agradecer aos meus co-orientadores Doutora Maria Teresa Ribeiro Pereira, Doutor Francisco José Gomes Da Silva e também ao Mestre Neron Alipio Cortes Berghauser, pelo auxílio extra na conclusão deste trabalho.

Por fim, gostaria de agradecer aos meus pais e minha irmã, que, mesmo longe, me deram muita força para seguir essa jornada e conseguir completar mais uma etapa em minha vida. Além deles, gostaria de fazer um agradecimento em especial à minha namorada, que esteve ao meu lado todo momento dessa jornada, me dando apoio e conselhos para concluir da melhor maneira essa fase da minha vida.





## PALAVRAS CHAVE

Manutenção Autônoma, TPM, Gestão Visual, Setor Automóvel.

## RESUMO

Com o rápido avanço das técnicas e tecnologias utilizadas nas indústrias, o mercado tornou-se muito exigente, não havendo espaço para falhas ou desperdícios, de modo que as empresas em vista desse cenário, necessitam aprimorar constantemente suas atividades para sobreviver neste ambiente competitivo. Dessa forma, estas exigências afetam também o setor da manutenção, que em paralelo com a produção, necessita realizar seus serviços sem que estes interfiram no andamento do processo produtivo. Para que isso aconteça, deve-se criar estratégias elaboradas para a manutenção, de modo a que ocorra o mínimo de paragens possíveis dos equipamentos, para manter a eficiência total destes, e assim garantir uma produção confiável e sem interrupções.

De tal forma, esta dissertação, realizada em conjunto com as atividades de estágio em uma empresa do setor de componentes para a indústria automóvel, teve como finalidade aprimorar as técnicas utilizadas pelo setor da manutenção na linha produtiva AA3. Com a utilização de ferramentas provenientes da filosofia *Lean*, foram implementadas as funções da Manutenção Autônoma em busca de reduzir a frequência de paragens das máquinas por avarias, as quais podem ser diminuídas através de ações dos operadores como a limpeza, organização e verificação diária dos pontos críticos do posto de trabalho, para assim redirecionar o tempo gasto pelos técnicos com a manutenção curativa para as ações preventivas, e assim, acrescentar na disponibilidade da linha para alcançar o OEE ideal.

Portanto, após a conclusão deste trabalho através das melhorias implementadas, houve um acréscimo de 9% no indicador mensal de disponibilidade dos equipamentos da linha AA3 da empresa em estudo e, com isso, ocorreu um aumento de 12% no OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) no mesmo período, devido à redução da frequência de máquinas avariadas e a um aumento do MTBF (*Mean Time Between Failure*) e redução no MTTR (*Mean Time To Repair*) dessa mesma linha. Com essas melhorias, houve um aumento na produtividade da linha e tudo isso foi possível através da utilização de soluções que combatem diretamente diversos tipos de desperdícios e que auxiliam na melhoria contínua do processo produtivo.



**KEYWORDS**

*Autonomous Maintenance, TPM, Visual Management, Automotive Sector.*

**ABSTRACT**

*Due to the rapid progress of the techniques and technologies used in industries, the market has become extremely demanding, with no room for failure or waste. In this context, companies must constantly hone their activities if they wish to survive in this competitive environment. These demands also affect the maintenance sector which, together with production, is required to carry out its work without allowing this to interfere with the ongoing productive process. To this end, and so that equipment stoppage is reduced to the bare minimum, maintenance strategies must be developed to achieve overall efficiency and thus ensure reliable production without any interference.*

*This research was undertaken within the framework of traineeship activities at a company in the sector of components for the automotive industry. The purpose of this study was to improve the techniques used by the maintenance sector for the AA3 production line. By drawing on Lean philosophy tools, one implemented the activities pertaining to Autonomous Maintenance in order to reduce the stoppage rate of machines due to breakdowns. These can be prevented by tasks which are carried out by the operators, such as cleaning, organization and daily checks of the workstation's critical points. The time spent by technicians on curative measures is thus redirected to preventive action which will, in turn, enhance line availability to achieve ideal OEE.*

*After the implementation of these improvements was concluded, there was an increase of 9% in the monthly indicator of equipment availability for line AA3 at the company in question. As a result, one also saw an increase of 12% in OEE (Overall Equipment Effectiveness) during the same time period owing to a reduction in the machine breakdown rate, and to an increase in the MTTR (Mean Time To Repair) on the same line. As a result of these improvements, there was an increase in productivity on the line, which was generally enabled by resorting to solutions that directly counter various types of waste and contribute to the continuous improvement of the productive process.*



## LISTA DE ABREVIATURAS

### Lista de Abreviaturas

JIPM	<i>Japan Institute of Plant Maintenance</i>
LCM	<i>Lean Centered Maintenance</i>
MA	Manutenção Autônoma
MESIC	<i>Manufacturing Engineering Society International Conference</i>
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i>
MTTR	<i>Mean Time to Repair</i>
M1N	Manutenção de 1º Nível
OEE	Eficiência Geral do Equipamento
OS	Ordem de Serviço
TPM	Manutenção Produtiva Total
TPS	Sistema Toyota de Produção
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DOS CLIENTES DA EMPRESA	5
FIGURA 2 – DISTRIBUIÇÃO DOS PRODUTOS DA EMPRESA PARA CADA CLIENTE DA EMPRESA	5
FIGURA 3 - DISTRIBUIÇÃO DA PRODUÇÃO DOS COMPONENTES FABRICADOS	5
FIGURA 4 – OS CINCO PASSOS DA IMPLANTAÇÃO DO TPM	14
FIGURA 5 – OS OITO PILARES DA TPM	16
FIGURA 6 – FLUXO DAS ETAPAS DO 5S	18
FIGURA 7 – ETAPAS DA IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO AUTÓNOMA	21
FIGURA 8 – AS RAMIFICAÇÕES DO OEE	23
FIGURA 9 – <i>LAYOUT</i> DO PROCESSO PRODUTIVO DA EMPRESA	27
FIGURA 10 – FLUXOGRAMA DA LINHA DE PRODUÇÃO AA3	28
FIGURA 11 – ESTRUTURA DA MANUTENÇÃO DENTRO DA EMPRESA EM ESTUDO	29
FIGURA 12 – REALIZAÇÃO ENTRE AS AÇÕES CURATIVAS E PREVENTIVAS	30
FIGURA 13 – NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DA MANUTENÇÃO CURATIVA	31
FIGURA 14 – NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA	32
FIGURA 15 – PERCENTAGEM DO INDICADOR DE DESEMPENHO DA LINHA AA3	33
FIGURA 16 – NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DAS PRINCIPAIS AVARIAS DAS MÁQUINAS DA LINHA AA3	34
FIGURA 17 – TEMPO GASTO EM MANUTENÇÃO CURATIVA	34
FIGURA 18 – FOLHA DE INSTRUÇÃO DE LIMPEZA DAS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	37
FIGURA 19 – FOLHA DE INSTRUÇÃO DAS AÇÕES DA M1N	38
FIGURA 20 – INDICAÇÃO VISUAL DOS PONTOS CRÍTICOS A SEREM OBSERVADOS	39
FIGURA 21 – FLUXOGRAMA DAS AÇÕES DA FOLHA DE INSTRUÇÃO DA M1N	39
FIGURA 22 – CARTÕES DE SUGESTÃO DE SEGURANÇA, MANUTENÇÃO E PRODUÇÃO	41
FIGURA 23 – QUADRO DE GESTÃO VISUAL DOS CARTÕES DE SUGESTÕES	41
FIGURA 24 – MELHORIA DE ORGANIZAÇÃO PARA FACILITAR A IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS CRÍTICOS	42
FIGURA 25 – GRÁFICO DE QUANTIDADE DE PEÇAS PRODUZIDAS PELA LINHA AA3	45





## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – AS TRÊS GERAÇÕES DA MANUTENÇÃO	12
TABELA 2 – OS TIPOS DE MANUTENÇÃO E SUAS DEFINIÇÕES	13
TABELA 3 – AS 6 GRANDES PERDAS DA PRODUÇÃO	15
TABELA 4 – DEFINIÇÕES DE CADA PILAR DA TPM	17
TABELA 5 – AS OITO PRINCIPAIS MELHORIAS DA UTILIZAÇÃO DOS 5S	19
TABELA 6 – DEFINIÇÃO DOS SETE PASSOS DA IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO AUTÓNOMA	21
TABELA 7 – AS MÁQUINAS DA LINHA AA3 E SUAS FAMÍLIAS	28
TABELA 8 – DESCRIÇÃO DOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS	31
TABELA 9 – RELAÇÃO DO TEMPO GASTO EM MANUTENÇÃO CURATIVA COM FALHAS NA PRODUTIVIDADE DA LINHA AA3	35
TABELA 10 – DESCRIÇÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA	35
TABELA 11 – DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DA IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO AUTÓNOMA	36
TABELA 12 – VERIFICAÇÃO DIÁRIA DOS PONTOS CRÍTICOS DA M1N	40
TABELA 13 – NÚMERO DE INTERVENÇÕES CURATIVAS ANTES E DEPOIS DAS MELHORIAS IMPLEMENTADAS	43
TABELA 14 – INDICADOR OEE MENSAL DA LINHA AA3 ANTES E DEPOIS DA IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIA	44
TABELA 15 – INDICADORES MTBF E MTTR ANTES E DEPOIS DA MELHORIA NA LINHA AA3	44
TABELA 16 – RELAÇÃO DE PEÇAS PRODUZIDAS PELO TEMPO DE MÁQUINA PARADA NA LINHA AA3	44
TABELA 17 – RESULTADOS FINAIS DA IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO AUTÓNOMA	45



## ÍNDICE DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1 – CÁLCULO DO OEE (%)	22
EQUAÇÃO 2 – CÁLCULO DO INDICADOR DE DISPONIBILIDADE PARA O OEE (%)	23
EQUAÇÃO 3 – CÁLCULO DO INDICADOR DE PERFORMANCE PARA O OEE (%)	23
EQUAÇÃO 4 – CÁLCULO DO INDICADOR DE QUALIDADE PARA O OEE (%)	23



# ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	VII
RESUMO .....	IX
ABSTRACT.....	XI
LISTA DE ABREVIATURAS .....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XV
ÍNDICE DE TABELAS .....	XVII
ÍNDICE DE EQUAÇÕES.....	XIX
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO .....	1
1.1 ENQUADRAMENTO DO TRABALHO .....	3
1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO .....	3
1.3 METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO.....	4
1.4 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA .....	4
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	6
CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1 INTRODUÇÃO .....	9
2.2 <i>LEAN MANUFACTURING</i> .....	10
2.3 MANUTENÇÃO .....	11
2.4 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM).....	14
2.4.1 5S's .....	17
2.4.2 Gestão Visual .....	19
2.4.3 Manutenção Autónoma .....	20

2.5	EFICIÊNCIA GERAL DO EQUIPAMENTO (OEE) .....	22
2.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO .....	24
<b>CAPÍTULO 3 – IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO AUTÓNOMA NUMA LINHA DE PRODUÇÃO DE COMPONENTES DO SETOR AUTOMÓVEL .....</b>		<b>25</b>
3.1	INTRODUÇÃO .....	27
3.2	MAPEAMENTO DO PROCESSO DA MANUTENÇÃO .....	29
3.3	PROBLEMAS IDENTIFICADOS / OPORTUNIDADES DE MELHORIA .....	30
3.3.1	Alta ocorrência de avarias .....	31
3.3.2	Baixa frequência de ações da manutenção preventiva .....	32
3.3.3	Disponibilidade das máquinas e equipamentos .....	32
3.3.4	Manutenção de 1º nível ineficaz .....	33
3.3.5	Tempo de reparação .....	34
3.4	PROPOSTA DE SOLUÇÕES .....	35
3.4.1	Etapas de Limpeza .....	37
3.4.2	Inspeção Geral do Equipamento e do Processo .....	38
3.4.3	Manutenção Autónoma Sistemática .....	41
3.4.4	Gestão Autónoma .....	42
3.5	ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS .....	43
3.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	45
<b>CAPÍTULO 4 – CONCLUSÕES .....</b>		<b>47</b>
4.1	CONCLUSÃO DO TRABALHO .....	49
4.2	DIFICULDADES ENCONTRADAS .....	49
4.3	CONTRIBUTOS CIENTÍFICOS DO TRABALHO .....	50
4.4	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS .....	50
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>51</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>57</b>
ANEXO A – Ordem de Serviço da Manutenção Curativa .....		59
ANEXO B – Ordem de Serviço da Manutenção Preventiva Sistemática .....		61

---

ANEXO C - Modelo da Manutenção 1º Nível utilizado antes das melhorias .....	63
ANEXO D – Questionário entregue aos colaboradores da linha AA3 .....	65
ANEXO E – Folha de instrução de limpeza.....	67
ANEXO F – Folha de instrução M1N .....	69
ANEXO G – Folha de Registro das ações da M1N .....	71
ANEXO H – Folha de Registro das ações de Limpeza.....	73
ANEXO I – Artigo publicado nas atas da conferencia internacional MESIC 2017 .....	75
ANEXO J – Pôster Apresentado na Conferência Internacional MESIC 2017 .....	85





## **CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO**

1.1 ENQUADRAMENTO DO TRABALHO

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

1.3 METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

1.4 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO



## 1.1 ENQUADRAMENTO DO TRABALHO

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito do Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica – Gestão Industrial do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) através de um estágio numa empresa do setor de fabrico de componentes para a indústria automóvel, situada na zona do grande Porto. O tema definido para o desenvolvimento desta dissertação foi estabelecido através das necessidades que a empresa apresentava com relação ao setor da manutenção e, desta forma, foi definido implementar as ações da Manutenção Autónoma (MA), também chamada de Manutenção de 1º Nível (M1N) dentro da empresa. Esta é uma ferramenta proveniente da estrutura TPM (Manutenção Produtiva Total), um dos segmentos da filosofia *Lean Manufacturing*, afim de otimizar as funções da manutenção dentro da empresa.

O *Lean* é uma ferramenta aplicada para melhorar a eficiência das empresas, com redução em seus desperdícios e estoques, afim de proporcionar que as indústrias produzam de acordo com a necessidade dos clientes. Com isso, qualquer tempo desperdiçado com paradas no sistema produtivo por conta de máquinas avariadas, impacta diretamente no desempenho do processo (Kumar e Abuthakeer, 2013). Portanto, a MA torna-se essencial para a caminhada em busca da implementação da TPM, uma ferramenta que auxilia as empresas a reduzir os tempos de perda em manutenção das máquinas, e assim proporcionar um maior rendimento em sua produção, com o auxílio de todos os colaboradores da empresa (Mwanza e Mbohwa, 2015). Dessa forma, para sua implementação é necessário atribuir responsabilidades aos operadores, de modo a garantir que estes tenham a consciência de assegurar não só a qualidade do produto final, mas também o bom estado de funcionamento de suas máquinas, para assim apresentar um aumento significativo no desempenho dos equipamentos (Kiran, 2016).

## 1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

A realização deste trabalho, aplicado em ambiente industrial, teve como suporte os seguintes objetivos:

- Otimização do processo do setor da manutenção;
- Mapeamento dos processos de manutenção da empresa em estudo;
- Identificação dos principais problemas/oportunidades de melhoria do processo de manutenção;
- Implementação da ferramenta de Manutenção Autónoma numa linha de produção da empresa em estudo;
- Validação das soluções apresentadas.

### 1.3 METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

A metodologia de investigação aqui utilizada foi desenvolvida no âmbito de um projeto que decorreu no período compreendido entre Novembro de 2016 e Junho de 2017 e este trabalho desenvolveu-se ao longo de quatro fases:

- Etapa I – Revisão bibliográfica das ferramentas de análise e otimização

No âmbito do desenvolvimento deste trabalho, foram utilizados conceitos teóricos das ferramentas de análise e otimização do assunto abordado, para assim alcançar o melhor resultado possível com a implementação deste tema.

- Etapa II – Mapeamento do processo de manutenção da empresa

Nesta fase foi apresentada a análise do cenário atual do setor da manutenção dentro da empresa e, através da recolha de dados dos históricos de avarias das máquinas, foi possível definir os principais problemas/oportunidades de melhorias no seu processo.

- Etapa III – Implementação da Manutenção Autónoma na linha de produção da empresa

Após a obtenção dos pontos onde se deve agir, foi desenvolvida, nesta etapa, a implementação da Manutenção Autónoma, através da aplicação de suas etapas, visando otimizar o processo de manutenção na empresa em estudo.

- Etapa IV – Validação das propostas de melhoria apresentadas

Na última etapa foi possível demonstrar o desenvolvimento das propostas de melhoria do setor da manutenção e apresentar as análises dos resultados obtidos com a devida implementação da Manutenção Autónoma em seu sistema.

### 1.4 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

O presente trabalho foi desenvolvido em uma empresa multinacional que pertence a um grupo que conta com 29 mil colaboradores e que atua em vários ramos de produtos no mercado mundial. A planta industrial escolhida para a aplicação desta dissertação foi a filial do Porto, Portugal, cuja produção é voltada especificamente para tubos de ar-condicionado e de direção assistida.

Esta filial tem um regime de funcionamento de 24 horas por dia, com algumas linhas de produção que trabalham aos finais de semana. A empresa conta também com um quadro de aproximadamente 500 colaboradores, que realizam turnos de 12 e 8 horas, conforme as especificações de sua linha. Os seus principais clientes estão localizados por toda a região Ibérica e norte da África, como apresenta a Figura 1.



Figura 1 – Distribuição geográfica dos clientes da empresa

A distribuição de sua produção para cada componente fabricado é apresentada na Figura 3 e a quantidade da procura destes produtos para seus clientes é apresentada conforme a Figura 2, onde se pode notar a grande importância da Renault, seu principal cliente.

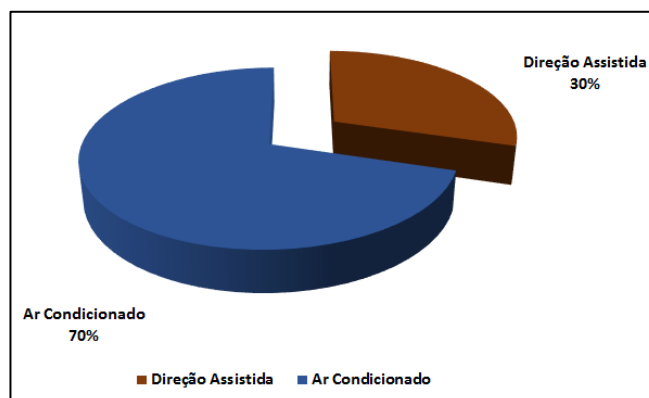


Figura 3 - Distribuição da produção dos componentes fabricados

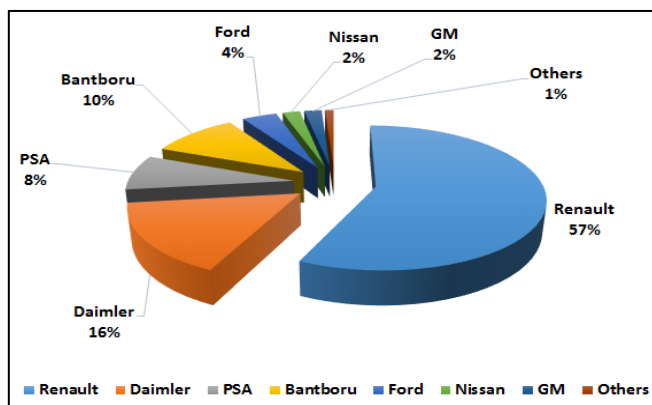


Figura 2 – Distribuição dos produtos da empresa para cada cliente

Assim, como observado na Figura 2, a empresa em estudo tem como objetivo atender uma grande quantidade de clientes de grande importância a nível mundial, e dessa forma, o seu maior compromisso é conseguir cumprir com a qualidade desejada por estes e ter sempre a disponibilidade dos produtos que tem para oferecer.

## 1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está dividida em quatro capítulos.

No primeiro capítulo, denominado “Introdução”, é realizado o enquadramento deste projeto, a delimitação de seus objetivos, indicação da metodologia utilizada e uma breve apresentação da empresa onde foi desenvolvido este projeto.

Em seguida, no segundo capítulo, designado por “Revisão Bibliográfica”, são abordados os conceitos bibliográficos necessários a serem levados como base para a elaboração do trabalho, tais como a filosofia *Lean Manufacturing*, o TPM e a ferramenta Manutenção Autônoma.

O terceiro capítulo, intitulado “Implementação da Manutenção Autônoma numa Linha de Produção de Componentes do Setor Automóvel”, são enquadradas nesta etapa as funções práticas do trabalho, assim como as ações de implementação da ferramenta Manutenção Autônoma na empresa e o desenvolvimento de todas as suas respectivas etapas, realizadas para a execução da mesma.

No quarto capítulo, denominado “Conclusões”, são exibidas as considerações finais do projeto, tiradas através dos resultados obtidos e a apresentação de sugestões para possíveis trabalhos futuros.

Por fim, apresentam-se as Referências Bibliográficas, onde é possível encontrar as fontes utilizadas para a construção da dissertação, como livros, artigos e outras formas de informação.

## **CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

2.1 INTRODUÇÃO

2.2 *LEAN MANUFACTURING*

2.3 MANUTENÇÃO

2.4 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM)

2.5 EFICIÊNCIA GERAL DO EQUIPAMENTO (OEE)





## 2.1 INTRODUÇÃO

Durante a revolução industrial inglesa, o trabalho artesanal foi substituído pelo assalariado e auxiliado por máquinas. Conforme Bresser e Pereira (2012), com o passar dos anos o setor industrial começou a ganhar força e a necessidade de aprimorar seus processos se tornou cada vez mais importante, à medida que a procura por seus produtos e a concorrência entre empresas cresciam. Neste ambiente competitivo em que as empresas estão situadas na atualidade, a busca por otimizar recursos e métodos de produção tornou-se onipresente nas corporações, para que estas possam se sobressair no mercado com produtos e serviços diferenciados e com uma eficiência superior que a esperada pelos consumidores (Wheelwright e Clark, 1992).

Estas exigências do mercado afetam também o setor da manutenção que, em paralelo com a produção, necessita realizar seus serviços sem que estes afetem o andamento do processo produtivo. Para que isso aconteça, devem-se criar estratégias elaboradas para a manutenção, de modo a que ocorra o mínimo de paradas possível dos equipamentos, para manter a eficiência total destes, e assim, garantir uma produção confiável e sem interrupções (Azizi, 2015). Segundo Vaz (1998), o setor da manutenção apresenta um grande potencial na melhoria de processos em uma empresa, quando nesta há um bom relacionamento entre este setor e o da produção, para evitar assim perdas por indisponibilidade de máquinas durante o sistema produtivo.

Para Mirshawka e Olmedo (1993), existem várias ferramentas que realizam o controle sobre as ações da manutenção, e estas estão vinculadas diretamente com as estratégias da produção. Uma dessas ferramentas é a Manutenção Produtiva Total (TPM), acrônimo do inglês *Total Productive Maintenance*, que tem por finalidade preparar os operadores para que estes possam ter responsabilidades para cuidar de seus postos de trabalho, realizar limpezas e pequenas manutenções, para que a máquina esteja sempre em funcionamento.

O que difere entre a TPM e outras ferramentas é a total participação dos operadores na manutenção de primeiro nível das máquinas e equipamentos utilizados, ao realizar verificações diárias em seus componentes, consideradas simples para que, com formação prévia, o operador seja capaz de a realizar de forma autônoma. Com isso, o operador adquire completa responsabilidade do funcionamento de cada elemento, para assim evitar que ocorram paragens por conta de quebras (Branco, 2004). Ao assumir essa responsabilidade, o operador tem completa autonomia de chamar a equipe de manutenção quando a reparação da máquina é mais complexa, ou quando for necessária ajuda sem que atrapalhe o processo produtivo. Esta atividade é conhecida como MA, e funciona como uma das bases para se implementar a TPM (Molenda, 2016).

## 2.2 LEAN MANUFACTURING

O primeiro pensador da filosofia *Lean* foi Eli Whitney em 1799, quando desenvolveu na época da guerra uma técnica onde utilizava peças intermutáveis na fabricação das armas. Em seguida, surgiram outros grandes pensadores *Lean* como Frederick Taylor e Henry Ford, com ideias que revolucionaram as indústrias mundiais (Poppendieck, 2006).

Outro importante desenvolvedor desta filosofia foi Taiichi Ohno, o criador do TPS (*Toyota Production System*), um sistema criado na empresa automobilística Toyota que visa transformar o modo de produzir com a implementação da produção em fluxo, utilização de tecnologias e organização dos produtos em famílias para garantir uma maior flexibilidade do processo para produtos distintos e aplicações de ferramentas à prova de erro, para reduzir os desperdícios com falhas (Fontanini, 2004).

A partir deste conceito, os autores Womack e Jones (2003) criaram o termo Pensamento *Lean* (*Lean Thinking*), que visa os mesmos princípios do TPS, com o intuito de aumentar a produtividade com a utilização de menos recursos, e desta maneira gerar melhores resultados da qualidade do produto e satisfação do cliente final.

Dessa maneira, pode-se definir como principal objetivo da metodologia *Lean* a otimização dos processos que geram valor para o cliente, com vista na redução de seus respectivos desperdícios. Ou seja, produzir da melhor maneira possível, com a utilização somente de atividades que geram valor ao produto e a eliminação daquelas que não agregam valor (Lean Enterprise Institute, 2016).

Com isso, Abdulmalek (2007) baseado nos conceitos apresentados por Taiichi Ohno no TPS, descreve os desperdícios que devem ser eliminados pela filosofia *Lean* em sete categorias, e estas são:

- 1. Retrabalho – Atividades extras realizadas por conta de processos malsucedidos que geram peças defeituosas;
- 2. Produção em Excesso – Produzir além do necessário, com geração de *stocks* e armazenamento elevado;
- 3. Armazenagem – Todo o produto que não foi solicitado pelo cliente e que foi produzido ou está em meio ao processo ou armazenado;
- 4. Esperas – Interrupções na produção por falta de matéria prima ou qualquer entrave que segure o processo;
- 5. Transporte – Transportes desnecessários de materiais;

- 6. Movimento – Movimentações desnecessárias realizadas pelos operadores durante o processo;
- 7. Defeitos – Produto final com especificações não conformes ao solicitado pelo cliente.

Com isso, os benefícios que resultam da eliminação destes desperdícios são muito evidentes, de modo que, com sua implementação, a empresa consegue adquirir maior vantagem competitiva no mercado, pois dessa forma, torna-se possível incrementar o valor do produto final (Burton, 2003). Porém, para alcançar estes resultados a empresa precisa passar por uma grande transformação, em função de seus sistemas operacionais para o modelo *Lean*. Com isso, toda a corporação deve estar comprometida com essa mudança, para que as atividades antes realizadas sem as implementações de melhorias não retornem ao uso (Potapchuk *et al.*, 2003).

Dessa forma, na busca de transversalizar estes conceitos em outras áreas, tem-se a LCM (*Lean Centered Maintenance*), que trata das ferramentas Lean aplicadas à manutenção, onde, a partir da utilização de seus princípios e a obtenção de seus resultados visam apoiar as decisões empresárias, reduzir desperdícios e agregar valor ao produto final, em busca da constante melhoria na eficiência dos equipamentos e máquinas (Pinto, 2013).

Em vista disso, é apresentada a importância da TPM, uma ferramenta oriunda da filosofia *Lean* voltada para a otimização dos processos da manutenção, onde em decorrência de sua aplicação, são eliminados os principais desperdícios e se gera um aumento significativo na produtividade da empresa que a utiliza. Portanto, para a realização deste trabalho, foi necessário compreender a abordagem da filosofia *Lean* e suas peculiaridades com relação ao setor da manutenção, para assim ser possível a utilização de uma de suas poderosas ferramentas, o TPM, na busca da implementação de uma melhoria no processo produtivo com a otimização das máquinas e equipamentos (Wakjira e Iyengar, 2014).

## 2.3 MANUTENÇÃO

Manutenção trata-se de um conjunto de técnicas e ferramentas que asseguram a qualidade e a confiabilidade de máquinas, equipamentos e instalações de uma indústria, de modo que não ocorram interrupções no sistema, e que este continue sendo executado de maneira igual à pretendida quando projetado (Farnsworth *et al.*, 2014). Conforme Kardec *et al.* (2001), a evolução do sistema de manutenção dentro das indústrias começou a ganhar força com o passar dos anos, e assim foi dividida em três gerações durante este processo de amadurecimento, apresentadas na Tabela 1

Tabela 1– As três gerações da manutenção

Gerações da Manutenção	Objetivos
1ª Geração	Este período corresponde à época que decorreu antes da Segunda Guerra Mundial, e naquele tempo, as indústrias contavam com o mínimo de máquinas em seus processos e em sua maioria se tratava somente da produção simples e manual. O sistema produtivo não era a prioridade nas empresas, portanto a manutenção só ocorria quando a máquina realmente não funcionava mais, manutenção curativa.
2ª Geração	Esta geração corresponde à época pós-guerra, onde a procura por produtos cresceu no mercado. Em consequência disso, as indústrias começaram a mecanizar seus processos e tornar suas linhas de produção cada vez mais complexas, e para assim ser capaz de produzir diversos tipos de produtos. Com essa nova mentalidade, criou-se a Manutenção Preventiva, cuja finalidade é de realizar intervenções de manutenção periódicas baseadas nos históricos de funcionamento das máquinas, afim de evitar possíveis avarias em seu funcionamento.
3ª Geração	Com seu início a partir da década de 1970, as indústrias começaram a se preocupar com a qualidade do produto, reduzir os custos do processo e otimizar cada vez mais a produção para se sustentar no mercado e vencer as concorrentes. Com isso, para suprir essa necessidade, foi criado pelo <i>Japan Institute of Plant Maintenance</i> (JIPM) a Manutenção Produtiva Total (TPM), uma filosofia que seria implementada nas empresas na busca de desperdício zero com relação à manutenção dos equipamentos.

Fonte: Adaptado de KARDEC *et al.*, (2001).

Ao decorrer destas gerações, o sistema de manutenção foi desenvolvido afim de ocupar um maior espaço dentro das indústrias e suas técnicas foram aprimoradas para tornar sua função cada vez mais eficiente e colaborativa no processo produtivo. Ainda de acordo com Ferreira e Leite (2016), para se chegar ao conceito de manutenção que utilizamos atualmente, que se trata de falhas e avarias zero e redução nos defeitos da qualidade do produto, foi necessário passar por cinco etapas que estão descritas da seguinte forma:

- Primitivo: A manutenção só é realizada quando o equipamento quebra;
- Tradicional: Conservar a máquina o máximo possível no estado em que foi adquirida;
- Evoluído: A correlação entre a manutenção e a produção, para gerar melhorias na capacidade produtiva;
- TPM Fase 1: A manutenção na contribuição do acréscimo da produtividade;
- TPM Fase 2: Manter o ritmo das melhorias aplicadas e das mudanças realizadas nos processos;

Portanto, segundo Xavier (2003), Kardec e Nascif (2001), as técnicas de manutenção foram divididas em seis tipos, e estas são identificadas conforme seus objetivos e são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Os tipos de manutenção e suas definições

<b>Tipos de Manutenção</b>	<b>Objetivo</b>
Manutenção Corretiva Não Planejada	Esta manutenção é realizada após a ocorrência de uma falha, e como não é planejada, pode ser feita a qualquer momento, em consequência, atrapalha muitas vezes o processo produtivo.
Manutenção Corretiva Planejada	Quando se percebe que uma máquina não produz conforme deveria, planeja-se este tipo de manutenção, afim de agir de maneira rápida e barata na causa do problema.
Manutenção Preventiva Sistemática	Este tipo de manutenção é realizado em intervalos predeterminados pelos gestores, afim de reduzir a probabilidade de defeitos do equipamento ou até mesmo a sua degradação. Esta técnica visa realizar a manutenção sempre antes de ocorrer alguma falha, em busca de aumentar a vida útil da máquina e sua eficiência.
Manutenção Preventiva Condicionada	Para este tipo de manutenção, é levado em consideração a avaliação do estado de cada componente de uma máquina e assim, após esta análise, é condicionado numa próxima intervenção, em função do estado destes equipamentos.
Manutenção Preditiva	A manutenção preditiva aponta os desgastes sofridos pelas máquinas ou equipamentos, através de dados obtidos no decorrer de seu funcionamento, de modo a identificar a vida útil de cada componente de uma máquina e usufruir ao máximo de seu tempo de uso.
Manutenção Detectiva	Esta técnica de manutenção tem por finalidade detectar defeitos ocultos, que não são perceptíveis pelos operadores, e que podem gerar defeitos nas peças e se tornar um problema ainda maior para ser corrigido quando for notado.
Engenharia de Manutenção	A engenharia de manutenção é um conjunto de atividades utilizadas para agir diretamente na causa raiz dos defeitos, melhorar seus padrões de desempenho e de confiabilidade do equipamento, e permitir maior disponibilidade de uso.

Fonte: Xavier (2003), Kardec e Nascif (2001).

Dessa forma, como apresenta os autores Poór *et al.* (2015), a ferramenta TPM demonstra ser de grande auxílio ao setor da manutenção dentro de uma empresa e, por isso, é preciso aprofundar um pouco mais sobre seus conceitos e finalidades para compreender melhor como esta ferramenta de melhoria atua dentro de um processo produtivo.

## 2.4 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM)

Segundo Kardec e Ribeiro (2002), a TPM foi criada no Japão no ano de 1971 por Seiichi Nakajima, um funcionário do *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), e naquela época, aprimorou-se as técnicas de manutenção aplicadas nas empresas na busca de transformar essas ferramentas em uma filosofia. Atualmente, existem definições distintas sobre TPM na literatura. Conforme Bresciani (2009), a TPM não apresenta um conceito definido, pois para o autor esta ferramenta se encontra em constante evolução, além de variar suas aplicações para cada empresa em função da necessidade de utilização de cada uma delas. Mwanza e Mbohwa (2015), também define o significado da expressão TPM, ao descrever o que cada sigla representa para a aplicação dessa ferramenta no sistema, e esta representação é apresentada como:

- T – Total: Utilizado no sentido de rendimento total dos equipamentos e do sistema global, ao integrar as áreas de direção, engenharia, produção e manutenção;
- P – Produtiva: Este sistema visa a produtividade, com diminuição das perdas e aumento da eficiência da produção;
- M – Manutenção: Sua aplicação no sistema vem no sentido de manter e conservar a vida útil do equipamento, ao utilizar a sua funcionalidade ao máximo possível.

Um conceito básico sobre a utilização da TPM é definido por Kardec e Ribeiro (2002), conforme os resultados que esta aplicação visa buscar. Este conceito é conhecido como os quatro zeros e suas intuições são não apresentar falhas, quebras, defeitos e perdas no processo. Portanto, para alcançar esses resultados, é necessário seguir cinco passos para a implementação definitiva da TPM, e estas etapas decorrem conforme a Figura 4. Depois dos pilares)

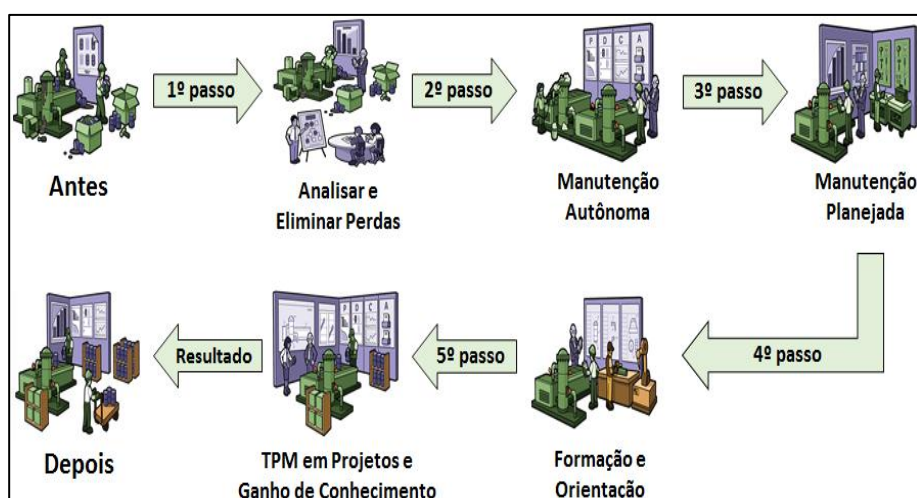


Figura 4 – Os cinco passos da implantação do TPM  
Fonte: Adaptado da empresa em estudo (2017).

Cada fase dessa aplicação é essencial para o andamento do projeto, pois estas etapas são dependentes umas das outras, de modo que, para se aplicar o próximo passo, é preciso que seu antecessor esteja em pleno funcionamento. Observa-se na Figura 4 que o primeiro passo está relacionado com a redução dos desperdícios da empresa. Em seguida, a etapa de MA vem para complementar a fase anterior, com a eliminação de tempos desperdiçados durante o processo com diminuição da frequência de máquinas quebradas, e dessa forma, para sua efetiva fixação, é acompanhado pelo próximo passo, a manutenção planejada, que visa programar as ações da manutenção que ocorrem de maneira organizada, para que esta ação não interfira no processo produtivo.

Após estas etapas, é seguido o passo quatro aonde a formação e orientação aos operadores é essencial, para que as ações anteriores continuem com um fluxo dentro da corporação natural, e por último, a aplicação dessa filosofia em outros projetos da empresa na intenção de ganhar mais conhecimento sobre o tema e facilitar sua utilização dentro dos processos.

Dessa forma, para Nakajima (1989), a TPM tem um conceito bem definido, e deve-se otimizar a capacidade produtiva através da redução nas quebras de máquinas, na busca de ser utilizada da melhor maneira possível para evitar desperdícios de equipamento e produtos consumidos durante o processo. Visto essas especificações, o autor destaca as seis grandes perdas que impactam diretamente no sistema produtivo, e que as empresas podem evitar com a utilização do TPM. Estas perdas são definidas na Tabela 3.

Tabela 3 – As 6 grandes perdas da produção

<b>Perdas</b>	<b>Significados</b>
1 - Perdas por quebras de máquinas	Quantidade de tempo que deixam de ser produzidos por conta de avaria na máquina.
2 - Perdas por tempo de <i>setup</i>	São perdas devido ao tempo de preparação das máquinas para mudança de referência na linha produtiva.
3 - Perdas por pequenas paragens e tempo ocioso do operador	Estas perdas não são por quebra da máquina e sim por interrupções momentâneas causadas por situações diversas, e que ocasionam pequenas paradas no processo.
4 - Perdas por queda da velocidade da máquina	Com a utilização excessiva da máquina, sem nenhuma manutenção preventiva, acarreta em um funcionamento incompleto de seus componentes e, com isso, uma diminuição na sua velocidade e qualidade de produção é gerada.
5 - Perdas por produtos não conformes e retrabalho	Todo o processo de eliminação de peças com defeitos ou retrabalhos realizados durante a produção.
6 - Perdas por tempo de <i>start-up</i>	São perdas causadas durante o processo de aferição das máquinas até à estabilização do seu processo.

Fonte: Adaptado de Nakajima (1989).



Dessa forma, para ser possível eliminar estas perdas apresentadas com a utilização da TPM, é preciso construir uma base sólida para sustentar todas as suas ações. Portanto, para obter sua filosofia em completa utilização, é necessária a implantação dos oito pilares de sua estrutura para alcançar os resultados esperados, conforme demonstra a Figura 5 (Suzuki, 1993).

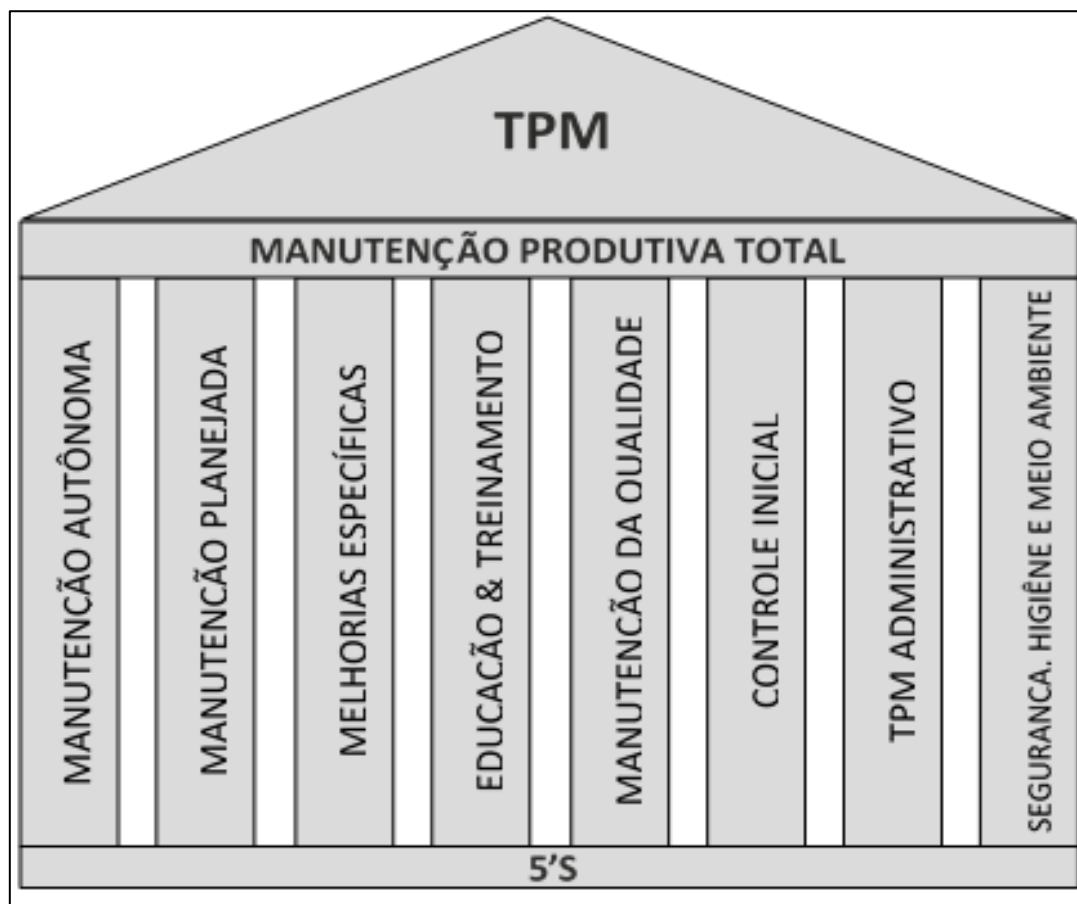


Figura 5 – Os Oito Pilares da TPM  
Fonte: Adaptado de Suzuki (1993).

Este modelo estrutural apresentado na Figura 5, foi desenvolvido com o intuito de englobar as principais ferramentas de melhoria do processo de manutenção, de modo que, estas estejam presentes nas ações do TPM e possam atuar juntas para aprimorar as funções decorrentes da manutenção dentro de uma empresa. Assim, com estas ações de melhorias, é possível aproximar este setor com o da produção, e assim com estas áreas trabalhando em conjunto, torna-se possível aumentar os resultados relacionados à produtividade da empresa (Pinto *et al.*, 2016).

Portanto, para ter o sistema TPM implementado por completo dentro de uma empresa é necessário construir estes oito pilares dentro da instituição, e só assim, após a conclusão de cada uma dessas etapas, é possível realizar as ações referentes à ferramenta TPM. Conforme Venkatesh (2007), as definições apresentadas destes pilares da sustentação da TPM, podem ser definidos como exibe a Tabela 4, ao relacionar a importância de cada pilar com a sustentação do programa da TPM.

Tabela 4 – Definições de cada pilar da TPM

<b>Tipo</b>	<b>Definição</b>
Manutenção Autônoma	Um dos principais pilares do TPM, tem como objetivo a redução de defeitos em máquinas através da manutenção de primeiro nível realizada pelo operador.
Manutenção Planejada	Tem como objetivo realizar ações de manutenção programadas, afim de manter os equipamentos e máquinas livres de falhas, aumentando sua capacidade produtiva e a sua vida útil.
Melhorias Específicas	Este pilar busca realizar melhorias em máquinas de maneira contínua com a utilização de métodos e técnicas que fazem com que o equipamento fique isento de falhas e defeitos, para que assim possa trabalhar sempre em seu estado de conservação.
Educação e Treinamento	Tem como principal objetivo desenvolver habilidades e novos conhecimentos nos técnicos e operadores, para que estes possam tomar melhores decisões sobre como solucionar problemas ocorridos em suas máquinas.
Manutenção da Qualidade	Este pilar visa a satisfação total do cliente, em busca sempre de produzir conforme as suas especificações, com redução do número de peças não-conformes e de falhas durante o processo.
Controle Inicial	Pilar que tem a finalidade de desenvolver as atividades de melhoria logo no projeto de equipamentos e máquinas, em busca de solucionar problemas futuros, com falhas destes componentes e redução das atividades de manutenção em seu sistema.
TPM Administrativo	Tem como intuito proporcionar o melhor cenário para a implementação das funções do TPM e também distribuir as funcionalidades por cada departamento.
Segurança, Higiene e Meio ambiente	Visa a qualidade de vida do trabalho dos colaboradores, em busca de reduzir os acidentes, melhorar os métodos ergonômicos e deixar o ambiente limpo e sem contaminações.

Fonte: Venkatesh (2007).

Por fim, para sustentar todos estes pilares, é necessário uma base sólida do 5S implementado dentro do sistema produtivo, para servir de suporte a todas as ações da ferramenta TPM. Em vista disso, faz-se necessário compreender um pouco mais sobre a importância da ferramenta 5S no sistema produtivo e sua influência sobre a implementação da MA (Pinto *et al.*, 2016).

#### 2.4.1 5S's

O 5S é uma filosofia criada no Japão por Kaoro Ishikawa, que busca utilizar através de um conjunto de atividades, uma filosofia que permite eliminar desperdícios na corporação, na busca de diminuir as ocorrências de erros no processo, perdas de tempo na produção e redução nos defeitos das peças produzidas.

Sua implementação segue a sequência de cinco palavras japonesas que se referem a cinco sentidos pessoais que deverão ser aplicados, para que sua utilização seja realizada por completo. O fluxo das etapas desses sentidos é apresentado conforme a Figura 6 (Shaman e Sanjiv, 2013).



Figura 6 – Fluxo das etapas do 5S  
Fonte: Adaptado da empresa em estudo (2017).

Segundo Womack e Jones (2003), o significado de suas etapas é definido da seguinte maneira:

- 1º S – Seiri (senso de utilização), busca eliminar materiais e ferramentas desnecessárias para o processo, afim de deixar um local sem obstáculos, com a separação do que é útil do inútil;
- 2º S – Seiton (senso de organização), este senso visa a organização das ferramentas, utilizadas nos postos de trabalho, de maneira que facilite sua localização e acesso rápido a elas, afim de reduzir os tempos desnecessários;
- 3º S – Seiso (senso de limpeza), manter o local de trabalho sempre limpo, sem agentes contaminantes e com os materiais em seus lugares;
- 4º S – Seiketsu (senso de padronização), visa manter padronizado o posto de trabalho, conforme as etapas anteriores;
- 5º S – Shitsuke (senso de autodisciplina), principal senso que busca a mudança de hábito dos colaboradores para que essa nova filosofia continue com seu fluxo normalmente.

Para a implementação dessa melhoria, deve-se focar o trabalho em cima das ações do quinto S, por se tratar do senso mais difícil de ser implementado e o mais importante para o seguimento das outras etapas. Porém, para que isso seja possível, a mudança na empresa deve ocorrer desde o processo produtivo até no topo da gestão da empresa (Liker, 2003).

A utilização do 5S dentro das indústrias gera sempre grandes resultados. Por se tratar de uma ferramenta da filosofia *Lean*, a sua aplicação visa a redução de desperdícios e um melhor controle do sistema. Porém, para Hirano (1994), as oito principais melhorias causadas pelo uso dessa ferramenta são definidas conforme a Tabela 5.

Tabela 5 – As oito principais melhorias da utilização dos 5S

Melhoria	Objetivo
1	Melhoria no processo produtivo, com redução dos custos e desperdícios.
2	Melhoria na segurança do operador com redução de acidentes.
3	Melhoria na capacidade dos equipamentos, com a redução das ocorrências de avarias.
4	Melhoria na capacidade produtiva, com redução do tempo de <i>setup</i> .
5	Melhoria na satisfação do cliente.
6	Melhoria na qualidade do produto final, com redução de peças não-conformes.
7	Melhoria no controle dos processos, com a utilização de gestão visual.
8	Melhoria do ambiente de trabalho, afim de gerar maior satisfação dos colaboradores.

Fonte: Hirino (2004).

Portanto, pode-se perceber que para ter a ferramenta TPM em funcionamento dentro da corporação, é necessário que sua base estrutural, o 5S, esteja presente no seu desenvolvimento. Dessa forma, se torna extremamente necessário para a implementação da MA a correlação de seu desenvolvimento com a filosofia 5S. Para Xenos (2014), a relação entre a MA e o 5S se deve ao fato das ações do senso de limpeza serem utilizadas também para detectar possíveis problemas nos equipamentos, afim de garantir que este esteja sempre limpo, com suas peças lubrificadas e em perfeito estado de funcionamento. Portanto, nota-se que as ações da MA somam, em sua maioria, uma parcela das atividades da manutenção preventiva.

#### 2.4.2 Gestão Visual

Os autores Willmott e McCarthy (2001) definem a gestão visual como uma ferramenta de transmissão de conhecimento, onde esta deve passar a informação que nela está contida, de maneira clara e de forma visual, para esclarecer qualquer ambiguidade existente. Dessa forma, para facilitar a transmissão de sua mensagem, esta deve seguir alguns conceitos:

- A informação que se pretende divulgar deve estar simplificada o máximo possível;
- Não pode ter mais que uma página para demonstrar seu conteúdo;
- As instruções devem ser escritas de forma clara e com a utilização do auxílio de desenhos, imagens e cores;
- A sua aplicação deve estar o mais próxima possível do ponto a que ela se refere.

Segundo Pinto (2003), a gestão visual tem como objetivo transformar o ambiente de trabalho, de modo a facilitar as ações que nele são realizadas com a implementação de sinalizações visuais que auxiliam estas atividades e ajudam a aumentar a rapidez das execuções que ali são efetuadas. Dessa forma, assim como outras ferramentas, a gestão visual é uma melhoria proveniente da filosofia *Lean*, onde busca implementar qualquer informação de uma forma visual, permitindo a detecção rápida durante a operação, afim de promover a standardização do processo (Tjell e Bosch-Sijtsema, 2015).

Portanto, para seguir o caminho da implementação da MA, deve-se utilizar ferramentas de auxílio visual para facilitar sua utilização através das técnicas abordadas por estes conceitos, de modo que a sua aplicação auxilie os operadores no momento da análise das máquinas e equipamentos, afim de facilitar a detecção de avarias em seus sistemas (Mapokgole e Mbohwa, 2013).

### 2.4.3 Manutenção Autônoma

O pilar MA é sustentado pela filosofia 5S, e visa o desenvolvimento do operador para manter os equipamentos sempre em funcionamento e sem deterioração de suas propriedades, através de limpezas, lubrificações e inspeções (Venkatesh, 2007). Dessa maneira, segundo Cabral (2006), este é o pilar mais importante para a aplicação do TPM, porque permite que o operador realize os cuidados básicos necessários da manutenção diariamente, afim de desenvolver autonomia sobre o equipamento e assim ter maior domínio sobre o mesmo. A MA é definida então como um conjunto de atividades de manutenção preventivas realizadas pelo operador, onde este é envolvido pelas funções da máquina, a fim de se responsabilizar pela sua conservação e estado de funcionamento (Rosimah *et al.*, 2015).

O autor Venkatesh (2007) aponta que o setor da manutenção perde muito tempo com atividades que geram pouco valor ao processo, em trabalhos de manutenção simples, que deveriam estar integrados em trabalhos mais complexos. E segundo Williamson (2000), os técnicos da manutenção deveriam realizar formações com os operadores, para ensinar a eles técnicas de procurar anomalias nos equipamentos para reduzir o tempo da manutenção com funções mais simples. Borris (2006) também afirma que funções muito simples da manutenção executadas por técnicos altamente qualificados são consideradas desperdícios para a empresa, e que se realizadas pelo operador, gerariam mais lucro ao processo.

Portanto, para Suzuki (1993) e Ahmad *et al.* (2011), a MA tem por finalidade reduzir a deterioração dos equipamentos através de vistorias diárias ou semanais feitas pelo próprio operador da máquina com a utilização de técnicas e métodos para manter seu estado, e assim evitar futuras avarias. Segundo Xenos (2014), a aplicação da MA é dividida em sete etapas, conforme indica a Figura 7.

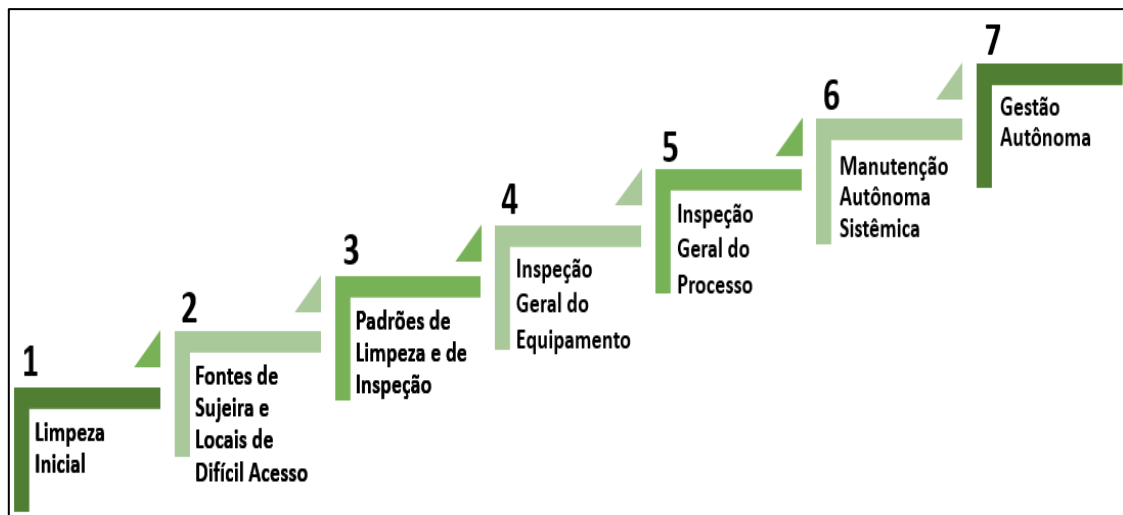


Figura 7 – Etapas da implementação da Manutenção Autônoma  
Fonte: Adaptado de Xenos (2014).

Dessa maneira, o autor Cabral (2006) define cada etapa desse sistema conforme apresenta a Tabela 6.

Tabela 6 – Definição dos sete passos da implementação da Manutenção Autônoma

<b>Etapas</b>	<b>Definição</b>
<b>Limpeza Inicial</b>	Realizar uma limpeza geral, retirar tudo o que é inútil para o processo, e manter somente as ferramentas que serão utilizadas para que a máquina esteja sempre limpa e organizada.
<b>Fontes de Sujeira e Local de Difícil Acesso</b>	Eliminar todas as fontes de sujeira e contaminação existentes nas máquinas e equipamentos utilizados, e retirar os locais de difícil acesso para facilitar sempre a manutenção da limpeza.
<b>Padrões de limpeza e Inspeção</b>	Manter um padrão de limpeza através das etapas anteriores, com a realização de inspeções diárias ou semanais para fiscalizar o cumprimento dessa transformação.
<b>Inspeção Geral do Equipamento</b>	Nesta etapa entra a ajuda dos técnicos da manutenção, onde devem instruir os operadores de modo a identificar alguns tipos de falhas que ocorrem nas máquinas e em como utilizar técnicas de manutenção básicas para solucionar esses defeitos.
<b>Inspeção Geral do Processo</b>	Trata-se de uma lista onde o operador deve conferir se todas as etapas definidas da máquina estão conformes.
<b>Manutenção Autônoma Sistemática</b>	Etapas onde se utiliza mais as funções do 5S, em busca de organizar o local ao redor da máquina e equipamentos, bem como seus métodos e utilizações, para assim poder padronizar seus sistemas.
<b>Gestão Autônoma</b>	Esta etapa serve para consolidar a Manutenção Autônoma dentro da corporação, em busca de manter os passos anteriores e continuar o desenvolvimento dos operadores, para manter as máquinas sempre em ótimo estado e pleno funcionamento.

Fonte: Adaptado de Cabral (2006).

Visto estas etapas, Shirose (1992) demonstra três objetivos que a Manutenção Autônoma visa alcançar, e estes são:

- Aumentar a proximidade entre os setores da produção e da manutenção, na busca de conciliar as ações de ambos, para que ocorra uma diminuição na degradação do equipamento e aumento da produtividade.
- Aproximar os conhecimentos dos operadores às informações básicas dos equipamentos, na busca de auxiliar estes funcionários a compreender quais os problemas mais comuns que ocorrem nas máquinas e em como prevenir estes antecipadamente, para que não se tornem ainda mais prejudiciais.
- Conciliar os interesses dos operadores com o pessoal da produção e manutenção, na busca de melhorar os resultados dos equipamentos e a redução de desperdícios.

Portanto, nota-se que a aplicação da MA é de extrema importância dentro de uma corporação e sua utilização auxilia muito na melhoria dos resultados obtidos, na redução de desperdícios e aumento da qualidade dos produtos e serviços (Mushiri *et al.*, 2016).

## 2.5 EFICIÊNCIA GERAL DO EQUIPAMENTO (OEE)

Segundo Hedman *et al.*, (2016), o OEE, do inglês *Overall Equipment Effectiveness*, é uma ferramenta proveniente da filosofia TPM e utilizada como indicador de desempenho de máquinas e equipamentos. Este indicador é empregado mundialmente por diversas indústrias, afim de demonstrar a percentagem do tempo produtivo de um equipamento. Sua obtenção vem através da Equação 1.

$$OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade \quad (1)$$

Dessa forma, para Wilson (2010), esta ferramenta pode ser utilizada também para medir a produtividade de um posto de trabalho, linha produtiva, equipamentos ou até mesmo uma fábrica inteira. Este cálculo permite mostrar os problemas existentes no sistema e auxiliar na sua detecção, para assim ser possível agir na eliminação da causa destes defeitos.

Porém, como afirma Whitepaper (2010), a implementação do OEE não interfere diretamente nos sistemas existentes da empresa, sua aplicação tende a auxiliar somente na observação dos resultados coletados, e assim exercer somente um papel de indicador para a detecção dos problemas que ali ocorrem.

Com isso, para apresentar as ramificações do OEE, o autor Santos (2007) demonstra as perdas existentes em cada setor de sua aplicação (ver Figura 8), de modo a facilitar a sua localização e correção.

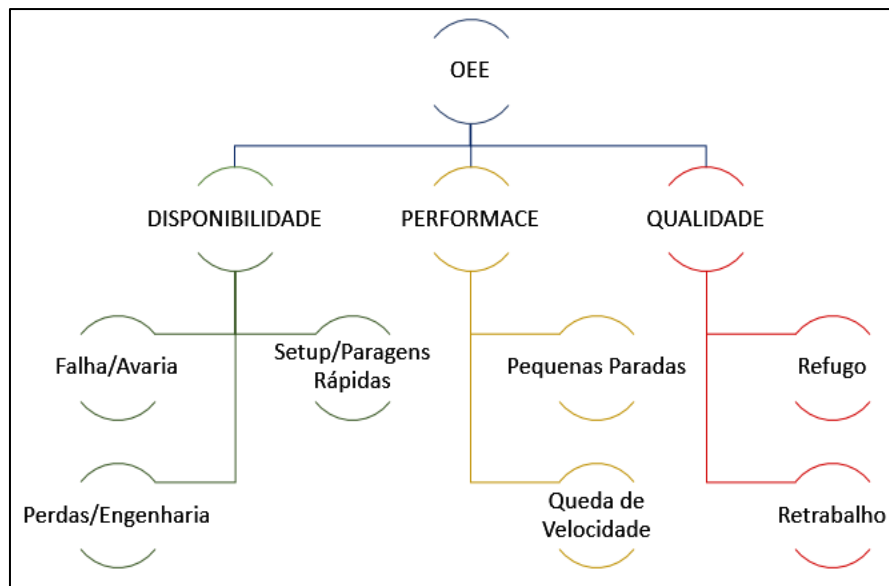


Figura 8 – As ramificações do OEE  
Fonte: Adaptado de Santos (2007).

Dessa forma, o autor também demonstra os passos para calcular cada um desses indicadores e definir o valor exato do OEE, e para isso, deve-se utilizar as Equações 2, 3 e 4, como é demonstrado a seguir:

- Indicador de Disponibilidade:

$$DISPONIBILIDADE \% = \frac{\text{Tempo de Produção Medido}}{\text{Tempo de Produção Planejado}} \quad (2)$$

- Indicador de Performance:

$$PERFORMANCE \% = \frac{\text{Produção Real}}{\text{Produção Teórica}} \quad (3)$$

- Indicador de Qualidade:

$$QUALIDADE \% = \frac{\text{Total de Peças Produzidas sem Defeito}}{\text{Total de Peças Produzidas}} \quad (4)$$

Assim, um OEE é ideal se atingir pelo menos 85%, e só chegará a esse valor quando o indicador de disponibilidade alcançar os 90%, o de performance 95% e o da qualidade 99%. Dessa maneira, com esses resultados pode-se chegar à definição real da capacidade disponível da linha para atender melhor aos seus clientes (Nakajima, 1989).



## 2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

O setor da manutenção é de extrema importância dentro de uma empresa e, através de incentivos e investimentos em novas técnicas de melhoria nessa área podem trazer grandes resultados para uma organização. Dessa forma, com o auxílio de um segmento da filosofia *Lean* voltada para a manutenção, tem-se a ferramenta TPM, que busca aprimorar os processos desse setor, eliminando seus desperdícios na busca de sua otimização.

A TPM é uma ferramenta constituída por oito pilares de melhorias que formam sua estruturação. Uma dessas técnicas é a MA, que busca organizar o ambiente de trabalho e formar os operadores para atuações autónomas no seu posto de trabalho. A utilização da MA não se restringe somente à indústria automóvel, a sua aplicação também pode ser utilizada em outros setores como por exemplo a área de telecomunicações (Rosimah *et al.*, 2015), o setor agrícola (Mushiri *et al.*, 2016) e também no ramo da metalurgia (Poór *et al.*, 2015).

No âmbito deste trabalho, foram utilizadas duas técnicas para auxiliar a implementação da MA, o 5S e a Gestão Visual. A primeira ferramenta é utilizada no quesito da limpeza, organização e manutenção dos padrões a serem definidos, e a segunda é aplicada com o intuito de melhorar as ações da manutenção, tanto pelos operadores quanto pelos técnicos.

Assim, para ser possível medir o desempenho de uma linha de produção e os resultados que esta implementação poderá trazer, é utilizado um indicador de desempenho e eficiência de máquinas e equipamentos, conhecido como OEE. Desta forma, este indicador é capaz de mostrar a disponibilidade, qualidade e performance de uma linha produtiva, e assim pode-se saber o que é necessário melhorar e onde agir, para corrigir os erros e melhorar continuamente os processos da empresa.

## **CAPÍTULO 3 – IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO AUTÓNOMA NUMA LINHA DE PRODUÇÃO DE COMPONENTES DO SETOR AUTOMÓVEL**

3.1 INTRODUÇÃO

3.2 MAPEAMENTO DO SETOR DA MANUTENÇÃO

3.3 PROBLEMAS IDENTIFICADOS / OPORTUNIDADES DE  
MELHORIA

3.4 PROPOSTA DE SOLUÇÕES

3.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS



### 3.1 INTRODUÇÃO

A linha de montagem escolhida para a aplicação deste estudo foi selecionada por apresentar a maior diversidade de máquinas da empresa, e por esta estar em processo de standardização, o que possibilita a implementação de ferramentas de otimização da manutenção e facilita a possibilidade de, no futuro, levar esta aplicação para as outras linhas da empresa. Desta forma, para uma melhor visualização do seu sistema de produção, o *layout* da planta da fábrica é apresentado conforme a Figura 9, onde as áreas denominadas PREP significam preparação dos tubos, AA são as linhas de ar condicionado e DA as linhas de direção hidráulica.

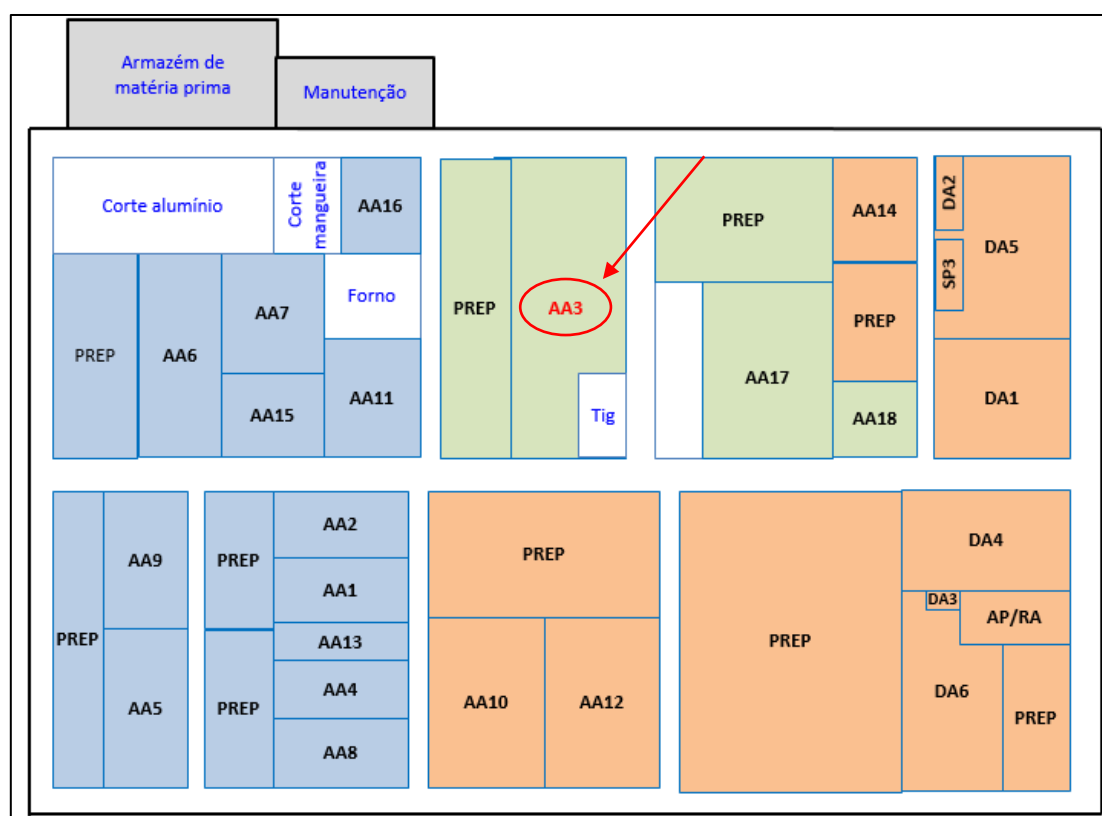


Figura 9 – *Layout* do processo produtivo da empresa

A linha que foi estudada no âmbito deste trabalho produz tubos de ar condicionado para a indústria automóvel. Esta linha de produção é dividida em duas áreas, uma que produz tubos para alta pressão e a outra para baixa pressão. A parte da baixa pressão trabalha com tubos de diâmetro 12, 15 e 19 milímetros, e na de alta pressão tubos de diâmetro 9 milímetros, e a nomenclatura de cada área se deve ao fato da resistência do tubo à pressão que nele irá ser exercida quando estiver em funcionamento no automóvel. Com isso, para compreender melhor o fluxo do processo desta linha, é apresentado na Figura 10 o *layout* deste setor, com as atividades que ocorrem e as máquinas que são utilizadas para a produção dos tubos.

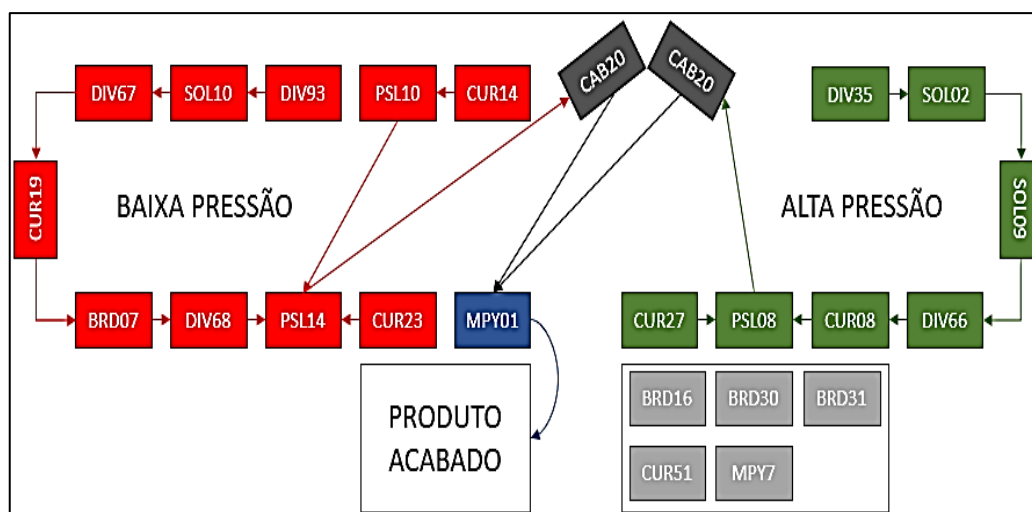


Figura 10 – Fluxograma da linha de produção AA3

Na parte da baixa pressão, o processo começa na DIV93 e vai até a PSL14, onde nesta máquina, são acrescentados os componentes provenientes da PSL10 e CUR23. Já na alta pressão, o processo se inicia na DIV35 e vai até à PSL08, e em seguida é unido nesta máquina o componente que sai da CUR27. Após seus processos, estes são levados até à máquina CAB20, onde são testados e em seguida unidos e embalados na MPY01 para, por fim, seguirem ao *stock* de produtos acabado.

Como pode ser observado na Figura 10, esta linha contém 24 máquinas ao todo, que são capazes de produzir aproximadamente 41 referências diferentes. Estas máquinas são divididas em sete famílias devido às suas funcionalidades, e são demonstradas conforme a Tabela 7.

Tabela 7 – As máquinas da linha AA3 e suas famílias

Família	Descrição
BRD	Máquina de fixar bridas
CAB	Cabine de teste a hélio
CUR	Curvadoras
DIV	Máquinas de diversas funções
MPY	Mesa de embalar
PSL	Prensa
SOL	Solda com chama

Dessa forma, a nomenclatura de cada máquina é definida pela família em que ela está inserida, e em seguida pelo número com o qual ela foi registrada na empresa. Portanto, após definir a linha, conhecer seu fluxo e as máquinas que nela estão presentes, pode-se agora mapear o processo da manutenção e as ações que são feitas por este departamento na linha em estudo e em toda a empresa.

### 3.2 MAPEAMENTO DO PROCESSO DA MANUTENÇÃO

O setor da manutenção de uma empresa é definido como a área que executa melhorias e reparação nas máquinas e equipamentos, afim de garantir um nível de confiabilidade para que não ocorra interrupções na produção. Dessa forma, este setor apresenta um impacto muito grande nos custos globais de uma empresa, e a mudança em seu paradigma pode ser vital na diminuição destes custos.

Para isso, a manutenção pode agir de duas maneiras, uma reativa, na reparação imediata das avarias, e a outra proativa, intervindo nas avarias antes que estas ocorram. No momento, a empresa em estudo apresenta estes dois modelos de manutenção, sendo a primeira utilizada de forma curativa e a segunda dividida em preventiva sistemática e de 1º nível, ver Figura 11.

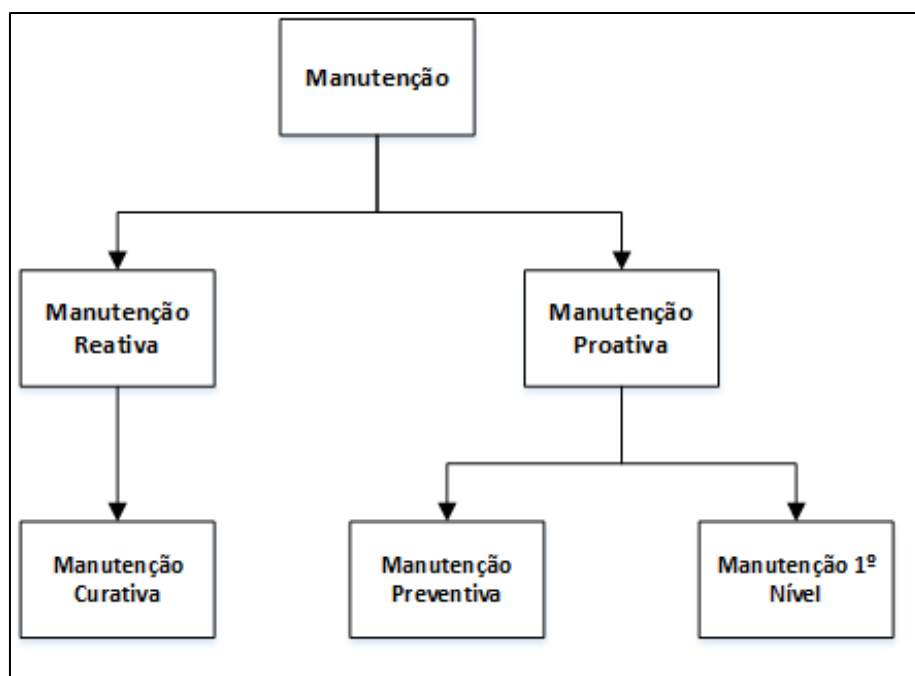


Figura 11 – Estrutura da manutenção dentro da empresa em estudo

A manutenção curativa é realizada quando uma máquina quebra e o operador ou monitor da linha necessita do auxílio do técnico da manutenção para resolver o problema imediatamente. Assim, gera-se uma Ordem de Serviço (OS) conforme é representado no Anexo A. Já a manutenção preventiva sistemática, cujo modelo é apresentado no Anexo B, para ser realizada é necessário fazer uma programação na produção, para ser possível ter a máquina parada durante um tempo necessário para que o técnico possa realizar as ações definidas na OS especificada para cada máquina.

Dessa forma, através da recolha dos dados dessas duas ações durante os últimos três anos (Janeiro de 2014 até Dezembro de 2016), pode-se notar um aumento significativo na ocorrência da manutenção curativa durante este período, e em consequência desse fator, houve um decréscimo nas ações preventivas, como é apresentado pela Figura 12.

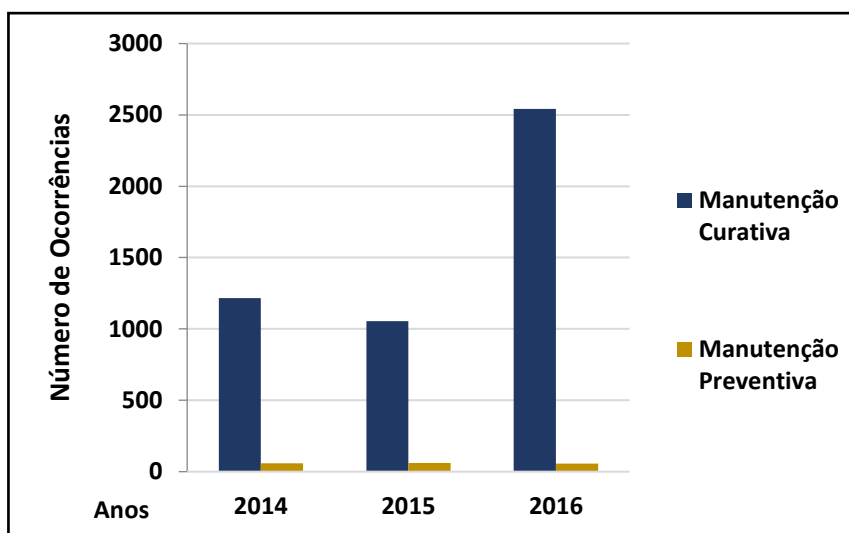


Figura 12 – Relação entre as ações Curativas e Preventivas

Essa grande diferença que ocorre no ano de 2016, se deve ao fato da empresa ter assumido nesse ano uma nova ordem de produção, onde os turnos de algumas linhas passaram de 8 para 12 horas, além de funcionar aos finais de semana. Com esse novo modelo de produção, as máquinas são utilizadas sem parar, o que acarreta um maior desgaste em suas funcionalidades, causando um aumento significativo na ocorrência de avarias.

E por fim, a empresa conta ainda com a MA, ou manutenção de primeiro nível, que também faz parte da manutenção proativa, porém é realizada pelos operadores das máquinas com o intuito de averiguar se o equipamento em questão está em condições de uso ou se há alguma anomalia em suas propriedades. Para executar esta manutenção, os operadores devem seguir o quadro apresentado no Anexo C, para fazer esta verificação em cada componente de seus equipamentos.

Desse modo, após apresentar o cenário do setor da manutenção na empresa e as dificuldades que esta área enfrenta, é necessário identificar os principais problemas e as possíveis oportunidades de melhorias, para assim ser possível otimizar este setor com a redução do número de ações curativas na linha AA3, e assim direcionar este tempo poupado dos técnicos para incrementar o número de ações preventivas.

### 3.3 PROBLEMAS IDENTIFICADOS / OPORTUNIDADES DE MELHORIA

Após analisar os processos realizados na empresa pela manutenção, pode ser observado na Tabela 8 os detalhes dos principais problemas identificados neste setor. Contudo, para início do estudo na linha AA3, foi retirado do próprio sistema da empresa os valores do indicador OEE, onde foi observado um nível de 71% deste indicador e um nível de disponibilidade dos equipamentos de 76%.

Tabela 8 – Descrição dos problemas identificados

Problema	Descrição
Alta ocorrência de avarias	Alta frequência com que ocorrem as avarias por falta de cuidados preventivos.
Baixa frequência de manutenção preventiva	Falta de disponibilidade dos técnicos da manutenção para as ações preventivas.
Disponibilidade das máquinas e equipamentos	Baixa disponibilidade das máquinas e equipamentos devido a alta frequência de avarias.
Folha de Instrução M1N ineficaz	Ação preventiva que no momento não é realizada ou erradamente utilizada pelos operadores.
Tempo de reparação	Elevado tempo gasto pelos técnicos da manutenção em reparação das máquinas e equipamentos.

Assim, para definir estes problemas e ainda ser possível criar soluções para a resolução destas questões, é necessário evidenciar através da análise dos dados coletados, o que resultou na ocorrência destas situações. Dessa forma, com um rastreamento da causa raiz destes problemas, é possível saber onde agir para assim corrigir estes quesitos de modo a reduzir estas situações.

### 3.3.1 Alta ocorrência de avarias

Este problema, como foi evidenciado no mapeamento do setor da manutenção, aponta para uma grande quantidade de avarias ocorridas nesses três últimos anos (ver Figura 13), e o grande aumento causado pela alteração da jornada de trabalho das máquinas desta linha, gerando um desgaste maior nos equipamentos e, com isso, um aumento na quantidade de solicitações de intervenções curativas.

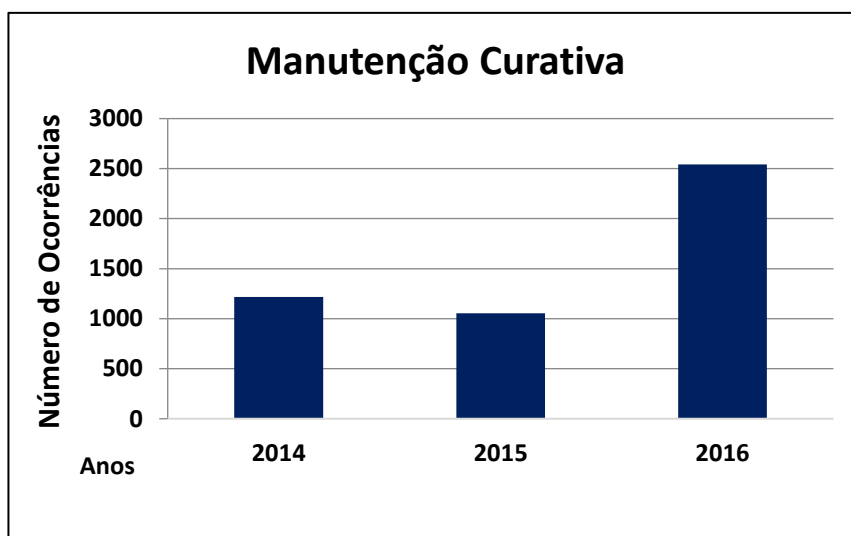


Figura 13 – Número de ocorrências da manutenção curativa



Outro fator que contribuiu para esse aumento foi a falta de ações preventivas, tanto pelos técnicos da manutenção, na forma de correções preventivas sistemáticas, quanto pelos operadores nas ações da M1N.

### 3.3.2 Baixa frequência de ações da manutenção preventiva

Com isso, a manutenção preventiva perdeu espaço com este aumento das necessidades de ações curativas, e a Figura 14 demonstra claramente estas informações.

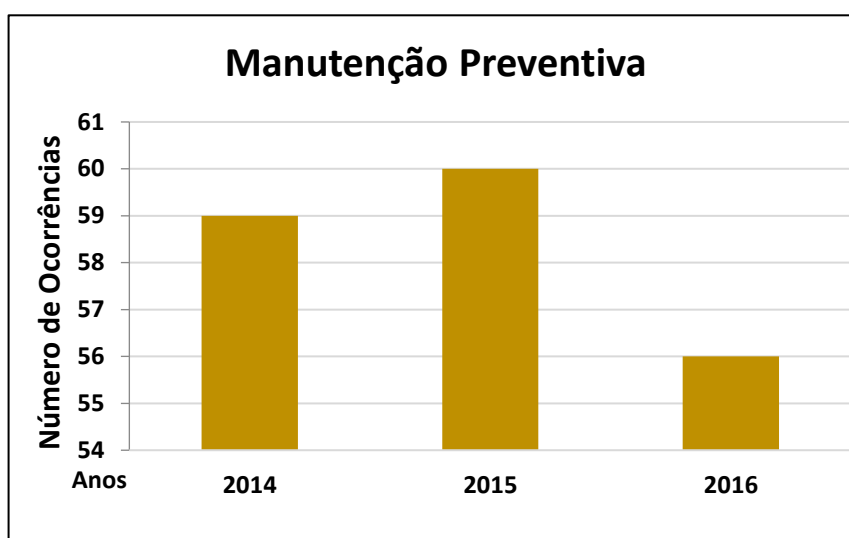


Figura 14 – Número de ocorrências da manutenção preventiva

Com a sobrecarga dos técnicos da manutenção, em função das reparações curativas, fez com que estes se dividissem para realizar ambas as manutenções, e como a curativa tem sempre uma maior prioridade que a preventiva dentro da empresa, esta acabou por ser realizada esporadicamente, o que culminou nesta grande redução no ano de 2016.

### 3.3.3 Disponibilidade das máquinas e equipamentos

Com o aumento da ocorrência de ações da manutenção curativa e com a redução das ações preventivas, a disponibilidade das máquinas e equipamentos (capacidade das máquinas ou equipamentos estarem operacionais) da linha AA3, acabam sendo afetadas por este cenário. Assim, a disponibilidade de utilização das máquinas é reduzida, causando desperdício de tempo com máquinas paradas.

Com isso, a disponibilidade calculada dessas máquinas pelos últimos meses (Novembro de 2016 até Fevereiro de 2017) apresentam uma média muito baixa para este setor. A Figura 15 mostra que a percentagem máxima que a linha alcançou durante este período foi de apenas 77%.

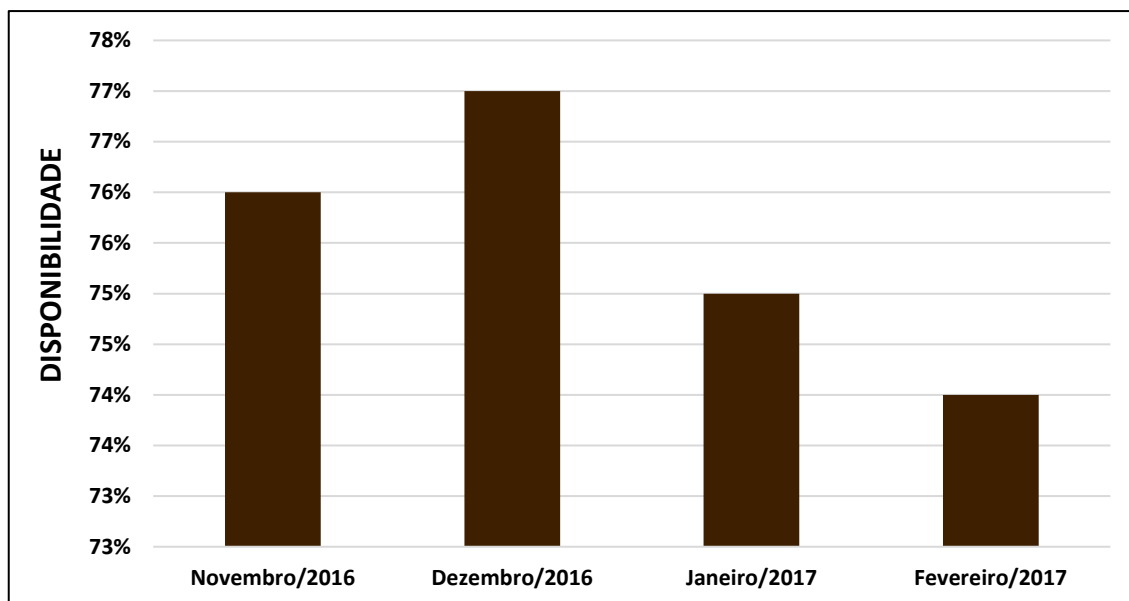


Figura 15 – Percentagem do indicador de disponibilidade da linha AA3

Portanto, estes resultados impactam diretamente no nível de eficiência da linha, e com isso, reduz o OEE, que é um indicador global de desempenho dos equipamentos ou da própria linha produtiva. Dessa maneira, uma linha que apresenta um OEE baixo significa que esta tem pouco aproveitamento de seu processo produtivo.

#### 3.3.4 Folha de instrução M1N ineficaz

Outro problema ligado às ações preventivas é com relação à M1N. A folha de instrução utilizada é apresentada no Anexo C e suas ações são referentes a todas as máquinas, e isso torna a sua aplicação em si mesma uma “falha”, pois cada equipamento tem a sua particularidade, e este tipo de verificação não pode ser feito de maneira generalizada para detectar as falhas em seus componentes.

Com isso, através da recolha dos dados realizada, foi possível filtrar as principais ocorrências de defeitos para as máquinas da linha AA3. Porém, como cada família de máquina apresenta sua particularidade, e isso faz com que algumas falhas sejam específicas conforme seu funcionamento, foram classificadas somente as avarias que eram comuns para todas as máquinas da linha AA3.

Além desses resultados, foram coletados mais dados através do questionário entregue aos operadores (Anexo D), com o intuito de validar as informações retiradas das OS e perceber a opinião dos operadores quanto às máquinas que eles trabalham. Dessa forma, foi possível confirmar estes indicadores e evidenciar que realmente a M1N não é feita como deveria e, dessa forma, a Figura 16 apresenta o número de ocorrências que estas avarias tiveram durante os últimos anos (2014, 2015 e 2016).

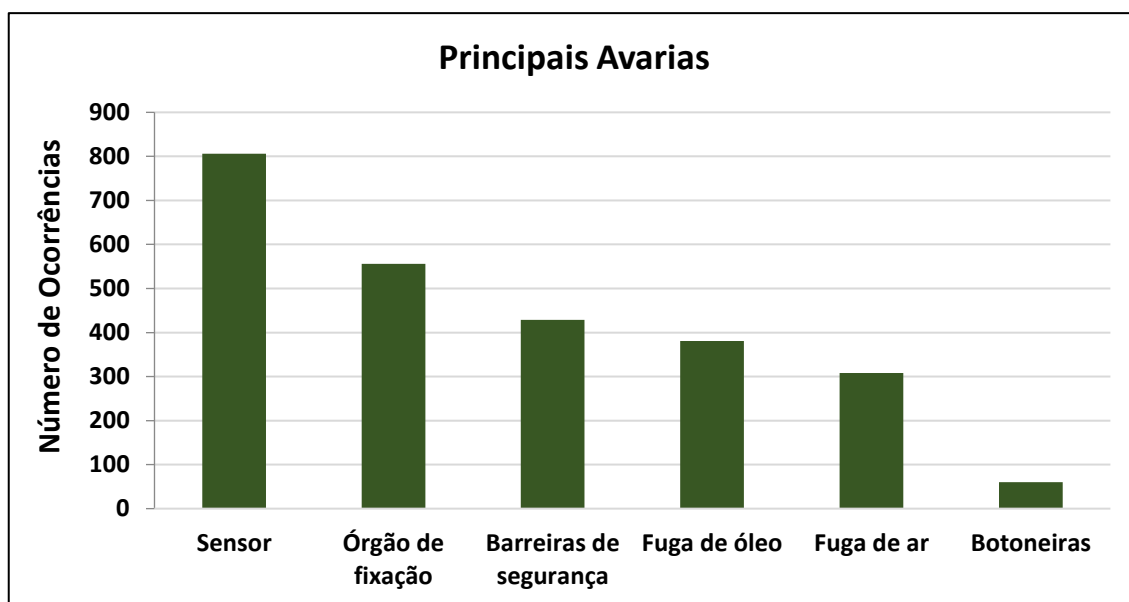


Figura 16 – Número de ocorrências das principais avarias das máquinas da linha AA3

Portanto, com a obtenção destes resultados e com algumas ações da M1N, torna-se possível reduzir parte destas ocorrências, uma vez que, após definir os principais defeitos das máquinas desta linha, é possível realizar uma análise para identificar a causa destas avarias e as ações que devem ser definidas para a eliminação destas situações.

### 3.3.5 Tempo de reparação

O tempo total gasto pelos técnicos da manutenção na reparação das máquinas da linha AA3 também aumentou durante os últimos anos. A Figura 17 mostra o gráfico com o crescimento desta ação ao longo deste período.

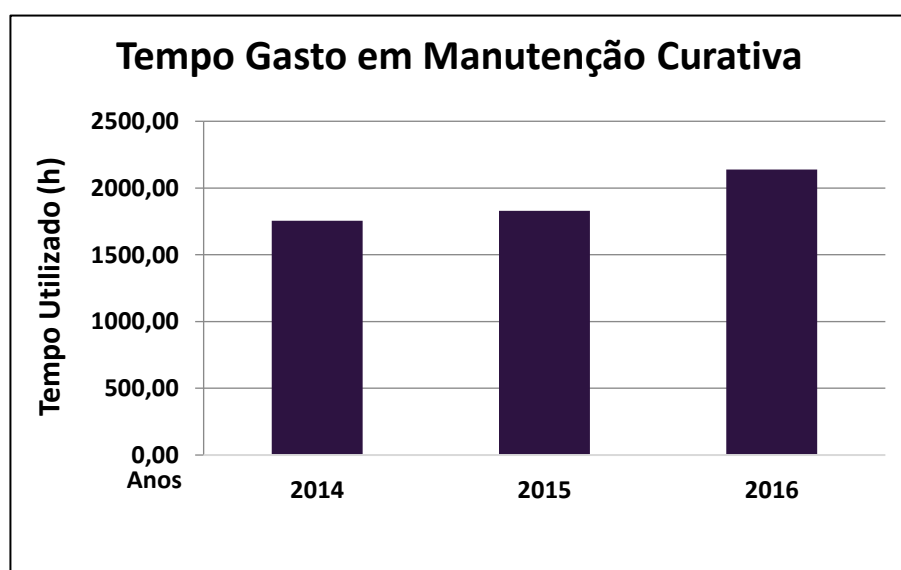


Figura 17 – Tempo gasto em manutenção curativa

Estes dados apresentados, além de apontar um problema para o setor da manutenção, representam também resultados negativos para a produção, pois o tempo que o técnico está tratando da avaria na máquina, representa tempo de máquina sem produzir, o que impacta diretamente na produtividade da linha. A Tabela 9 mostra como esse resultado interfere na quantidade de peças que a linha produz.

Tabela 9 – Relação do tempo gasto em manutenção curativa com falhas na produtividade da linha AA3

<b>Ano</b>	<b>Tempo Gasto Em Manutenção Curativa (h)</b>	<b>Peças Não Produzidas / Ano</b>	<b>Peças Não Produzidas / Turno</b>
<b>2014</b>	1994	66990	98
<b>2015</b>	1963	69813	101
<b>2016</b>	2139	81601	119

Para a construção da Tabela 9, foi realizada uma relação do tempo médio de fabricação de uma peça da linha com o tempo que a máquina fica parada por avaria. Além disso, foi executada também a comparação destes dados pelo ano ocorrido e por cada turno, que no caso desta linha são três turnos de 8 h.

### 3.4 PROPOSTA DE SOLUÇÕES

Após apresentar o cenário da manutenção dentro da empresa e identificar os pontos a serem trabalhados, entra neste momento a etapa onde se apresenta uma solução para combater este tipo de problema. Dessa forma, na Tabela 10 são apresentadas as propostas de melhoria referentes aos problemas identificados, para assim otimizar o setor da manutenção e, em consequência, elevar a produtividade e a eficiência da linha em estudo.

Tabela 10 – Descrição das propostas de melhoria

<b>Problema</b>	<b>Propostas de Melhoria</b>
Alta ocorrência de avarias	Definir ações preventivas para alcançar a redução da frequência de avarias.
Baixa frequência de manutenção preventiva	Redistribuir as funções dos técnicos da manutenção e redirecionar o tempo que era gasto com ações curativas para as preventivas.
Disponibilidade das máquinas e equipamentos	Realizar limpezas e verificações diárias nas máquinas e equipamentos para garantir sempre sua funcionalidade.
Folha de Instrução M1N ineficaz	Refazer o modelo atual de M1N, afim de torná-lo mais rápido e eficaz na sua execução.
Tempo de reparação	Utilizar técnicas de gestão visual para facilitar a detecção de pontos com avarias.

Para solucionar estes problemas identificados e aplicar as ações de melhoria definidas, foi escolhido como ferramenta de otimização a MA para aprimorar os processos deste setor, de modo que, após sua implementação, sejam alcançados todos os resultados esperados. Para isso, é preciso seguir as sete etapas especificadas para sua utilização, como indica o autor Márquez (2007), e estas são:

- Limpeza Inicial;
- Eliminação de fontes de sujeira e locais de difícil acesso;
- Padrões de limpeza e inspeção;
- Inspeção geral do equipamento;
- Inspeção geral do processo;
- Manutenção Autônoma sistêmica;
- Gestão autônoma.

Dessa forma, utilizando de modelo estas fases de implementação, foram agrupadas as etapas com atividades semelhantes e definidas as ações conforme necessárias a serem tomadas para a realização de cada fase, afim de concluir sua aplicação, identificando cada passo e a ação que foi tomada para sua utilização, como apresenta a Tabela 11.

Tabela 11 – Descrição das etapas da implementação da Manutenção Autônoma

Etapa	Descrição	Ação Realizada
1	<b>Limpeza Inicial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementação de Instruções de Limpeza (elaboração de uma folha para cada uma das máquinas da linha, para auxiliar o operador a realizar a limpeza)</li> <li>• Uso da filosofia 5S (auxilia na eliminação das sujidades e a manter o ambiente limpo).</li> </ul>
2	<b>Eliminação de fontes de sujidade e locais de difícil acesso</b>	
3	<b>Padrões de limpeza e inspeção</b>	
4	<b>Inspeção geral do equipamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso da folha de instrução da M1N para identificar os problemas das máquinas (melhoria do modelo que era utilizado anteriormente).</li> </ul>
5	<b>Inspeção geral do processo</b>	
6	<b>Manutenção Autônoma sistêmica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementação de cartões para reportar anomalias ou melhorias nos segmentos de segurança, manutenção e produção, com o intuito de desenvolver a mentalidade autônoma dos colaboradores de uma forma, que estes possam sentir liberdade de expressarem suas ideias quando necessário.</li> </ul>
7	<b>Gestão autônoma</b>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criação de folhas de verificação para a M1N e para as ações de limpeza como um método de controle de utilização destas funções.</li> <li>• Formação praticada junto aos operadores e responsáveis da linha AA3, equipa de preparadores e técnicos da manutenção com o objetivo de mostrar a importância e os resultados desta implementação.</li> </ul>

Desta forma, foi seguido as etapas conforme sua implementação levando em consideração as ações necessárias para cada etapa, seguiu-se assim uma ordem própria com base nas sete etapas já definidas, afim de estabelecer sua aplicação enraizada dentro dos sistemas da empresa, de modo cultural aos operadores e eficiente ao processo produtivo, e as próximas etapas da dissertação irão abordar este procedimento.

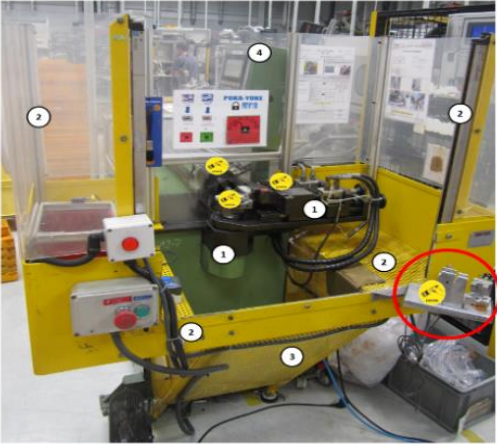
### 3.4.1 Etapas de Limpeza

As três primeiras etapas para a implementação da MA são referentes a padrões de limpeza, com eliminação de áreas de difícil acesso e pontos de contaminação encontrados nos setores. Esta etapa também conta com a padronização desta filosofia de limpeza, para que seja sempre mantida em completa utilização. Em relação a este cenário, foram utilizadas duas ferramentas que agem diretamente sobre estas questões: a primeira foi a criação de instruções de limpeza para cada equipamento da linha, como apresenta a Figura 18 e, para melhor visualização está presente no Anexo E. Esta técnica é utilizada para garantir a eliminação de fontes de sujidade e manter os padrões de limpeza das máquinas e dos processos na linha.

UAP: AA3  
LINHA: AA17 BP

### Instrução de Limpeza

MÁQUINA: CUR0041



ITEM	QUANDO	DESCRIÇÃO DE PROCEDIMENTO	COMO
<b>PONTOS IMPORTANTES</b>			
ESTRUTURAS COM ETIQUETA AMARELA DEVEM SER LIMPAS SEMPRE QUE SE VERIFIQUE A PRESENÇA DE LIMALHAS OU RESÍDUOS.			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Top e pínos</li> <li>• Guias e blocage</li> <li>• Calibres</li> </ul>			
1	SEMANAL	• ESTRUTURAS EXTERNAS DO GRUPO DE ELETRO-VÁLVULAS, BRAÇO DE CURVATURA E BRAÇO FIXO	
2	QUINZENA L	• ACRÍLICOS DE PROTEÇÃO E ESTRUTURA DE SUPORTE • GRELHAS DE VENTILAÇÃO (EXTERNO)	
3	QUINZENA L	• SUPERFÍCIE EXTERNA DO GRUPO HIDRÁULICO E GRUPO ELÉTRICO • CAPOT DE PROTEÇÃO	
4	DIÁRIO	• PAINEL DE CONTROLO (MONITOR) E MEIOS MÓVEIS DE APOIO	

**TODOS OS EQUIPAMENTOS/FERRAMENTAS QUE NÃO SEJAM UTILIZADOS, DEVERÃO SER ACONDICIONADOS E PROTEGIDOS COM BOLSAS DE PLÁSTICO OU NO LOCAL DEFINIDO.**



Figura 18 – Folha de instrução de limpeza das máquinas e equipamentos

Neste modelo, tem-se representada a figura da máquina com pontos de identificação de limpeza, e ao lado uma grelha de instruções que relaciona cada ponto com o procedimento que se deve realizar. Dessa forma, o operador deve seguir estes passos, afim de garantir que o equipamento esteja sempre limpo e em perfeito estado de funcionamento. A outra ferramenta utilizada nestas etapas foi a aplicação do 5S, uma filosofia focada na eliminação de locais de difícil acesso e de controle de ações de limpeza que foram desenvolvidas.



### 3.4.2 Inspeção Geral do Equipamento e do Processo

Após as etapas de limpeza, são realizadas as fases de inspeção geral do equipamento e do processo, onde nesta será utilizada como ferramenta uma folha de instrução da manutenção de primeiro nível para identificar os pontos críticos de funcionamento da máquina, e assim, realizar um controle sobre as avarias que ocorrem nos processos.

Para sua aplicação, foi utilizada como base as avarias identificadas na Figura 16, e assim, com a ajuda de um técnico da manutenção, foi analisado em cada máquina quais os pontos que poderiam ser observados pelos operadores através do cumprimento da folha de instrução da M1N que possibilitaria a prevenção da ocorrência desses tais defeitos. Com estes pontos já definidos, foi criada esta folha de instrução para cada máquina da linha, conforme apresentado pela Figura 19 e também no Anexo F, afim de auxiliar o operador na realização desta atividade. Esta folha busca apresentar os pontos a serem observados com uma maior clareza, para facilitar a sua utilização e ser realmente eficaz na detecção de avarias nos equipamentos.

**INSTRUÇÕES MANUTENÇÃO 1º NÍVEL**

QUEM	ONDE	O QUE	COMO	POR QUE	AÇÃO CORRETIVA	QUANDO
Operador	1	Segurança	• Verificar se o botão de emergência encontra-se em pleno funcionamento.	• Garantir a segurança do operador ao realizar suas atividades na máquina.	• Se este item não estiver conforme, realizar uma OS.	Diário
	2	Hidráulica	• Verificar se o nível de óleo, que se encontra atrás da máquina, está dentro dos limites indicados.	• Prevenir o desgaste da máquina por falta de óleo em seu sistema.	• Se este item não estiver conforme, realizar uma OS.	Diário
	3	Pneumática	• Verificar se o ponteiro do manómetro, localizado atrás da máquina, está dentro dos limites indicados.	• Garantir o bom funcionamento do equipamento.	• Se este item não estiver conforme, realizar uma OS.	Diário
	4	Elétrica	• Verificar a fixação e a posição dos sensores, através das suas marcações.	• Evitar paragens desnecessárias da máquina, pelo mau funcionamento dos sensores.	• Se este item não estiver conforme, utilizar as ferramentas disponíveis para sua correção.	Diário
	5	Segurança	• Verificar se as barreiras de segurança estão em pleno funcionamento e se estão no local definido.	• Garantir a segurança do operador e reduzir o tempo de paragem desnecessária da máquina.	• Se este item não estiver conforme, realizar uma OS.	Diário
	6	Elétrica	• Verificar o nível de sujidade da grelha de ventilação do quadro elétrico, localizado ao lado da máquina.	• Evitar o sobreaquecimento da máquina.	• Limpar as grelhas utilizando o kit de limpeza disponível.	Diário

Figura 19 – Folha de instrução das ações da M1N

Desta forma, para a sua criação, foi tomado como base a folha de instrução de limpeza, de modo a padronizar as ações das duas ferramentas e facilitar o uso destas pelos operadores. Os pontos indicados na Figura 19 também estão presentes nas máquinas, como mostra a Figura 20, para assim facilitar a detecção pelos operadores na hora de realizar as verificações.



Figura 20 – Indicação visual dos pontos críticos a serem observados

Este método de análise foi desenvolvido com a utilização de ferramentas da gestão visual com o intuito de facilitar o máximo possível a sua aplicação e evitar erro, para que assim os operadores possam efetuar estas etapas de maneira rápida e eficiente para gerar o resultado esperado de sua implementação e desse modo, apresentar uma inspeção geral sobre os equipamentos e processos decorrentes ao posto em que está inserido.

Com isso, para o entendimento das ações definidas por esta folha de instrução, foi criado o fluxograma apresentado na Figura 21, onde demonstra as etapas a serem seguidas e as medidas que devem ser tomadas para cada situação que possa surgir na utilização da M1N.

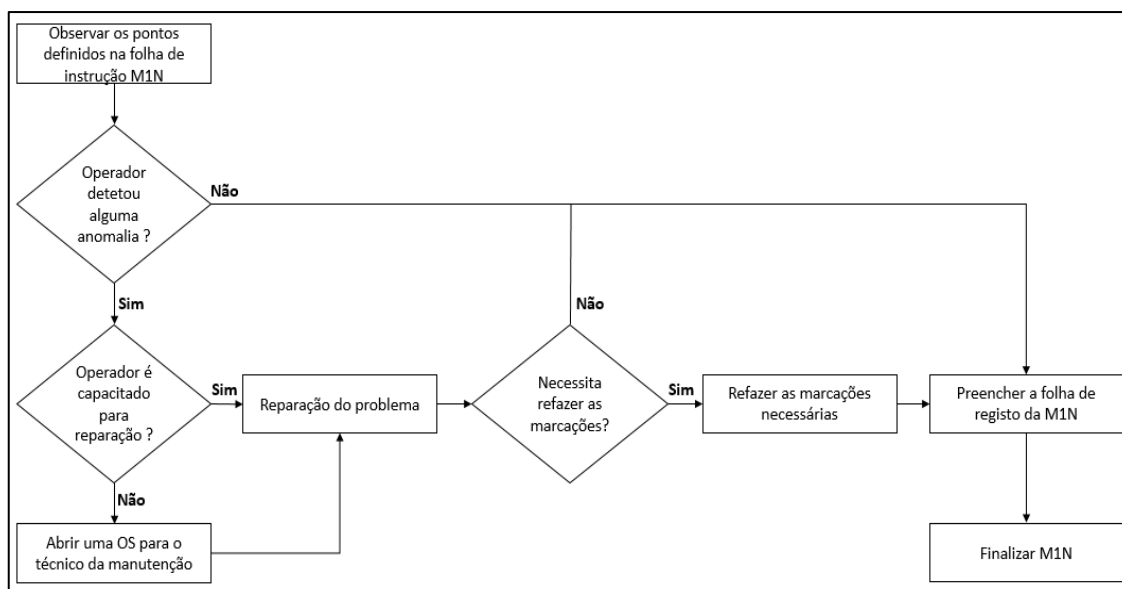










Figura 21 – Fluxograma das ações da folha de instrução da M1N

Portanto, como evidenciado na Figura 16 as avarias que apresentavam maior ocorrência, foi criada uma ação para o controle de cada uma delas, como indica a Tabela 12, e inseridas na folha de instrução da M1N, para serem verificadas, quando a sua existencia na máquina, afim diminuir a frequência desses problemas.



Tabela 12 – Verificação diária dos pontos críticos da M1N

<b>Verificação dos Operadores na Manutenção 1º Nível</b>			
<b>Tipo</b>	<b>Onde</b>	<b>Figura</b>	<b>Objetivo</b>
<b>Segurança</b>	Botoneiras		Garantir a segurança do operador ao realizar suas atividades na máquina.
	Barreiras		Garantir a segurança do operador e reduzir o tempo de paragem desnecessária da máquina.
<b>Pneumática</b>	Manómetros		Garantir o bom funcionamento do equipamento e reduzir desperdícios.
<b>Hidráulica</b>	Nível do óleo		Prevenir o desgaste da máquina por falta de óleo em seu sistema.
	Nível do lubrificante		Prevenir falhas na fixação utilização da máquina e evitar fuga de lubrificante pelo seu excesso.
<b>Elétrica</b>	Sensores		Evitar paragens desnecessárias da máquina, pelo mau funcionamento dos sensores.
<b>Orgãos de Fixação</b>	Porcas e Parafusos		Garantir o funcionamento correto do equipamento e evitar paragens desnecessária da máquina.
<b>Limpeza</b>	Grelha de ventilação		Evitar o sobreaquecimento da máquina e aumentar sua vida útil.

### 3.4.3 Manutenção Autônoma Sistemática

Nesta etapa, são utilizadas muitas ações do 5S para consolidar as fases anteriores, onde o operador deverá cuidar não só dos seus equipamentos, mas também dos arredores de seu posto e realizar verificações de anomalias e de melhorias em segurança, manutenção e processo, afim de aprimorar o sistema produtivo através de suas perspectivas. Desse modo, foram criados três cartões onde o operador deve preencher conforme sinta a necessidade de reportar algum tipo de anomalia ou ideias novas de melhoria para o seu posto de trabalho. Para distinguir as suas ações, foi definida uma cor para cada um deles, como pode ser visto na Figura 22.

The figure shows three identical card templates side-by-side, each with a different colored header and footer. The red card is for safety (5'S / TPM), the yellow card is for maintenance (5'S / TPM), and the green card is for production (5'S / TPM). Each card has the following fields:

- ANOMALIA** (with a small box for a number)
- MÁQUINA**
- LOCALIZAÇÃO**
- DATA** (with fields for day, month, and year)
- DETECTADO POR**
- DESCRIÇÃO DA ANOMALIA** (with a large text area)
- 5'S / TPM** (at the bottom)

Figura 22 – Cartões de sugestão de segurança, manutenção e produção

Assim, foi designada a cor vermelha para o cartão que reporta os relatos de segurança, a cor amarela para os de manutenção e a cor verde para os referentes ao processo. Desse modo, após o operador preencher o cartão, este deve ser posto na caixa denominada entrada, em um quadro que se localiza na zona central da fábrica, conforme apresenta a Figura 23.

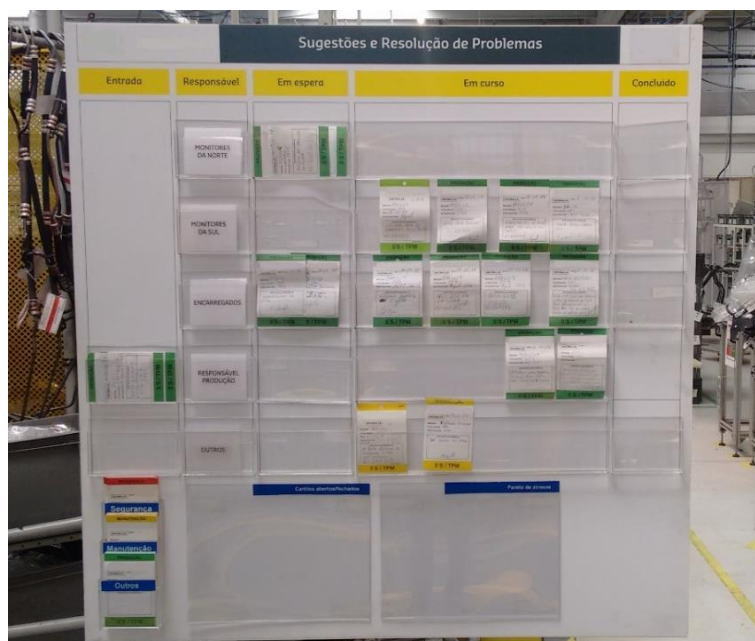


Figura 23 – Quadro de gestão visual dos cartões de sugestões

Em consequência disso, o quadro é atualizado diariamente conforme as entradas, saídas e alocações de responsáveis para cada cartão, e por fim estes dados são recolhidos e armazenados em históricos na empresa. Além da utilização desse método para controle e organização da linha, foram realizadas também melhorias de arrumação de espaço, para facilitar na observação dos pontos críticos de cada máquina. Com isso, foram eliminados os espaços de difícil acesso e com utilização de ferramentas de gestão visual, destacar os pontos que são menos perceptíveis pelos operadores, como mostra a Figura 24.



Figura 24 – Melhoria de organização para facilitar a identificação dos pontos críticos

Portanto, este tipo de ferramenta é utilizado com o intuito de aprimorar os processos de melhorias, de forma que os operadores possam agir de maneira autónoma, onde haja espaço para estes expressarem suas ideias e apontar certas anomalias que podem ser corrigidas em busca de uma otimização geral das linhas produtivas. Desse modo, esta etapa se torna muito importante para fixação da mentalidade autónoma dos operadores e para facilitar a utilização de seus métodos, afim de aprimorar o desenvolvimento de organização nos postos de trabalho.

#### 3.4.4 Gestão Autónoma

Nesta última etapa, é necessário consolidar a MA dentro da corporação, em busca de manter os passos anteriores e continuar o desenvolvimento dos operadores para manter as máquinas sempre em ótimo estado e pleno funcionamento. Para isso, foi criada uma folha de verificação para as instruções da manutenção de primeiro nível e de limpeza, identificada nos Anexo G e H respectivamente, de modo a verificar se suas utilizações estão a ser empregadas conforme as especificações das máquinas e se há algum registro de anomalias em suas verificações.

Outra ação realizada com o intuito de garantir que a utilização das ferramentas da MA fossem empregadas, foi uma formação levada a efeito junto aos operadores e monitores da linha AA3, com o objetivo de mostrar a importância da sua aplicação, os resultados que esta pode trazer à empresa e em como realizar estes procedimentos. Esta formação foi realizada primeiramente em uma sala com todos os colaboradores da linha, onde foram passadas as informações obtidas e mostrada a importância de se realizarem as ações de 1º nível todos os dias. Em seguida, foi realizada a formação posto a posto, para que todos os operadores soubessem dos pontos críticos de cada máquina e em como preencher a folha de controle.

Com isso, para ter um controle sobre as verificações da utilização dessas ferramentas, são realizados todos os meses na empresa auditorias 5S, onde é observado o estado da limpeza, da organização e do cumprimento das documentações existentes em cada linha de produção. A partir disso, tem-se uma forma de qualificar as utilizações da MA e perceber quais os pontos que apresentam um maior número de não conformidades, para assim, focalizar o trabalho em cima destas na busca de descobrir a causa raiz de suas ocorrências, e dessa forma atuar na sua eliminação completa. Através destas etapas de implementação da MA na empresa, recorrendo a ações de limpeza, inspeção de máquinas e equipamentos, organização na linha e padronizações de suas atividades, foi possível reduzir as interferências causadas por avarias no processo.

### 3.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Após a implementação e realização das sete etapas da MA, obteve-se uma redução na quantidade de avarias ocorridas na linha AA3. Na Tabela 13, é mostrado o número de intervenções feitas pelos técnicos da manutenção, em cada mês, entre Novembro de 2016 e Junho de 2017, afim de apresentar os dados antes e depois da implementação das melhorias, para assim efetuar uma comparação entre estes meses para validar a utilização desta ferramenta de otimização.

Tabela 13 – Número de intervenções curativas antes e depois das melhorias implementadas

Ano 2016/2017	Antes da Melhoria				Após a Melhoria		
	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio
<b>Número de Intervenções Curativas</b>	142	131	127	134	120	97	99

Com isso, obteve-se também neste mesmo período um aumento de 9% (de 76% para 85%) no índice de disponibilidade das máquinas da linha AA3 e, em consequência desse fator, houve um aumento significativo de 12% (de 71% para 83%) no indicador do OEE desse mesmo setor, como indica a Tabela 14, o que resulta diretamente na eficiência de produção da linha AA3.

Tabela 14 – Indicador OEE mensal da linha AA3 antes e depois da implementação de melhoria

Ano 2016/2017	Antes da Melhoria				Após a Melhoria		
	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio
<b>Disponibilidade (D)</b>	76%	77%	75%	74%	80%	85%	85%
<b>Qualidade (Q)</b>	97%	95%	99%	97%	99%	98%	99%
<b>Performance (P)</b>	96%	98%	99%	98%	98%	98%	99%
<b>OEE = D x Q x P</b>	<b>71%</b>	<b>72%</b>	<b>74%</b>	<b>70%</b>	<b>71%</b>	<b>82%</b>	<b>83%</b>

Além dessas melhorias, ocorreu um aumento no tempo médio entre falhas (MTBF), do inglês *Mean Time Between Failures* das máquinas existentes na linha AA3, e ainda uma redução no tempo gasto dos técnicos da manutenção na reparação das avarias, indicado pelo tempo médio de reparação (MTTR), do inglês *Mean Time To Repair*. Para o cálculo destes dados, foram retiradas as médias, em horas, do MTBF e MTTR de todas as máquinas pertencentes à linha para cada mês, como é indicado na Tabela 15.

Tabela 15 – Indicadores MTBF e MTTR antes e depois da melhoria na linha AA3

Ano 2016/2017	Antes da Melhoria				Após a Melhoria		
	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio
<b>MTBF (h)</b>	204,6	219,4	267,25	227,65	278,34	300,05	283,4
<b>MTTR (h)</b>	0,77	0,73	0,71	0,75	0,68	0,63	0,6

Contudo, em paralelo com as melhorias obtidas pelo setor da manutenção, a produtividade foi afetada positivamente com estas técnicas de otimização, onde foi verificado na linha em estudo um aumento significativo na quantidade de peças produzidas após as ações da MA, e isto se deve ao fato de ter ocorrido uma redução no tempo de máquina parada por avaria na linha, isto é, aumento da disponibilidade de máquina, acarretando em mais peças produzidas durante o mês, como pode ser visto na Tabela 16.

Tabela 16 – Relação de peças produzidas pelo tempo de máquina parada na linha AA3

Ano 2016/2017	Antes da Melhoria				Após a Melhoria		
	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio
<b>Peças Produzidas</b>	10876	11708	12941	13459	18814	14623	16521
<b>Tempo de máquina parada (h)</b>	43,6	38,78	33,47	28,48	20,3	24,56	22,7

Dessa forma, para melhor evidenciar este crescimento na quantidade de peças produzidas pela linha AA3, a Figura 25 apresenta o gráfico com produção das peças em cada mês, durante o período em estudo, para comparação das ações de melhoria da MA.

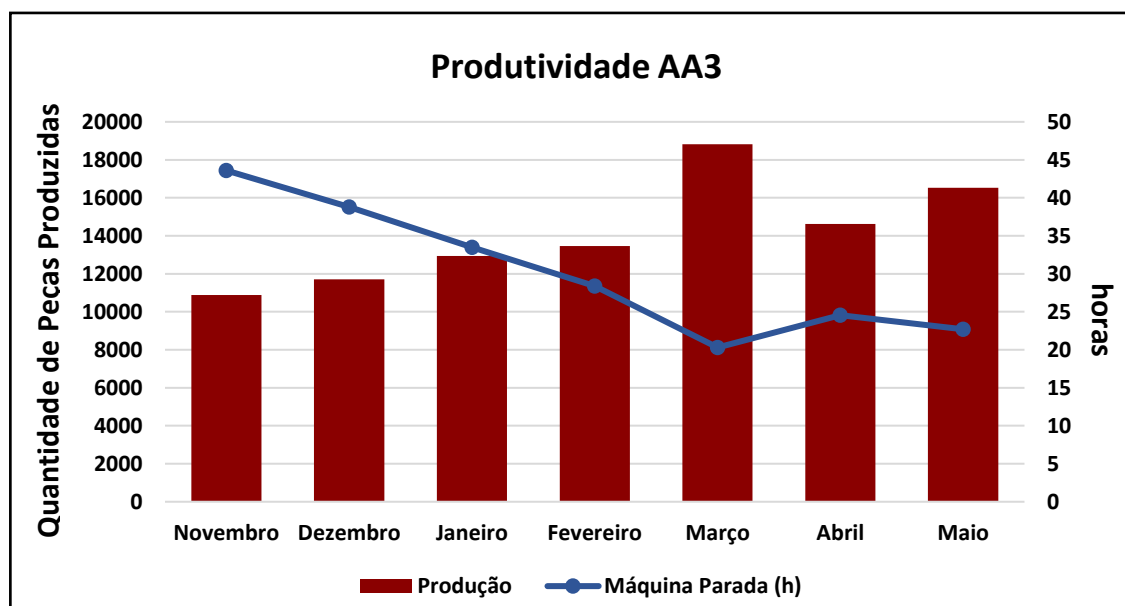


Figura 25 – Gráfico de quantidade de peças produzidas pela linha AA3

Estes resultados foram alcançados graças às técnicas de gestão visual aplicadas nas máquinas da linha, possibilitando uma rápida detecção da avaria pelo operador e pelo técnico da manutenção. Portanto, ao analisar todos estes dados obtidos, pode-se evidenciar a ocorrência de uma melhoria causada pela implementação desta ferramenta de otimização do setor da manutenção e produção em função das técnicas da MA.

### 3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para limitar as ações deste trabalho, foi definida uma linha para início de estudo, e com isso, realizar a recolha dos dados referentes a essa área. Em seguida, foram demonstradas as ações do setor da manutenção e os principais problemas que este setor enfrenta. Dessa forma, em busca de solucionar os problemas identificados, foi definido como ferramenta de melhoria a MA, onde, através da aplicação de suas sete etapas, foi possível apresentar bons resultados. Após a análise dos processos desenvolvidos neste trabalho, verificou-se várias melhorias referentes aos setores da manutenção e produção, ainda que persistam situações passíveis de serem melhoradas de forma contínua. Esta dissertação apresentou os resultados presentes na Tabela 17.

Tabela 17 – Resultados finais da implementação da Manutenção Autônoma

	Antes	Após	Melhoria
<b>Núme de Avarias</b>	142	99	41
<b>Disponibilidade (%)</b>	76%	85%	9%
<b>OEE (%)</b>	71%	83%	12%
<b>MTBF (h)</b>	204,6	283,4	78,8
<b>MTTR (h)</b>	0,77	0,6	0,17
<b>Peças Produzidas (Mês)</b>	10876	16521	5645

Estes resultados foram todos recolhidos da linha AA3 e apresentaram uma redução de 41 ocorrências no número de avarias e um aumento na disponibilidade e no indicador do OEE de, respectivamente, 9% e 12%. Além desses resultados, obteve-se também um aumento de 78,8 horas no tempo entre a ocorrência de uma avaria, como indica o MTBF, e uma redução de 0,17 horas no reparo de uma avaria, indicado pelo MTTR.

Com relação ao processo produtivo, estas melhorias acarretaram em um aumento de 5645 peças produzidas, com a implementação desta melhoria. Portanto, através desses resultados, pode-se concluir que esta dissertação foi empregada corretamente no âmbito de melhoria e otimização do setor da manutenção e, em consequência disso, influenciou diretamente no crescimento dos resultados da produção.



## **CAPÍTULO 4 – CONCLUSÕES**

4.1 CONCLUSÃO DO TRABALHO

4.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS

4.3 CONTRIBUTOS CIENTÍFICOS DO TRABALHO

4.4 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS





## 4.1 CONCLUSÃO DO TRABALHO

O desenvolvimento deste trabalho visou a implementação das funções da MA em uma linha de produção de tubos de ar condicionado do setor automóvel, em busca de reduzir a frequência de paragens das máquinas por avarias. O objetivo foi alcançado através da aplicação das sete etapas da MA, onde, através desses passos são desenvolvidas responsabilidades nos operadores, para que possam realizar ações autónomas de limpeza, organização e verificação diária dos pontos críticos do posto de trabalho, garantindo sempre o bom funcionamento de suas máquinas e equipamentos.

Este projeto proporcionou uma redução significativa no número de intervenções curativas na linha, e com isso impulsionou um aumento de 9% no índice mensal de disponibilidade das máquinas e de 13% no OEE, referente ao mesmo período. Paralelamente a estas melhorias, houve um aumento no MTBF em decorrência a esta aplicação, e ainda uma redução no MTTR devido a práticas de gestão visual utilizadas nas máquinas para facilitar a deteção de um problema, tanto pelo operador quanto pelos técnicos da manutenção. Em decorrência destas melhorias, houve um acréscimo de 5645 peças mensal produzidas pela linha, devido às otimizações que foram empregues com a aplicação da MA.

Além destes pontos apresentados, outras melhorias foram evidenciadas com a implementação desta ferramenta, e estas são:

- Nova folha de instrução da M1N (ver Figura 19) para as máquinas da empresa;
- Operadores formados e sensibilizados para as ações preventivas;
- Implementação de gestão visual para as máquinas e equipamentos;
- Organização e limpeza das máquinas da linha AA3.

Contudo, os problemas identificados foram solucionados e graças a esses resultados a empresa irá implementar esta técnica de melhoria noutras linhas e tudo isso foi possível através da utilização de técnicas que combatem diretamente diversos tipos de desperdícios e que auxiliam na melhoria continua do processo.

## 4.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Ao longo do desenvolvimento desta dissertação, foram encontradas algumas dificuldades para chegar ao seu êxito, sendo que algumas dessas complicações indetificadas foram:

- Traduzir as informações que os operadores transcreviam nas ordens de serviço e generalizá-las, de modo a apresentar estes dados da melhor maneira possível, afim de tornar a observação das falhas em uma maneira mais clara;
- Sensibilizar os operadores, pois muitos eram resistentes à execução das ações da MA e aos contributos que ela trazia para linha. Buscar a compreensão de todos e conseguir a execução dessa ferramenta foi importante para os resultados obtidos com esta aplicação.

Contudo, estes desafios foram contornados e a experiência de ter solucionado estas questões foram importantes para o restante do trabalho exercido na empresa em estudo.

### 4.3 CONTRIBUTOS CIENTÍFICOS DO TRABALHO

Com base nas informações utilizadas neste trabalho de dissertação, foi desenvolvido um artigo científico (Anexo I) publicado nas atas da conferência internacional MESIC (Manufacturing Engineering Society International Conference) 2017 ([www.sif-mes.org/mesic2017/](http://www.sif-mes.org/mesic2017/)) que ocorreu nos dias 28, 29 e 30 de Junho de 2017, sediada na cidade de Vigo na Espanha. Este artigo foi apresentado no dia 28 de Junho de 2017 nesta conferência em formato de pôster (Anexo J) (Pedro Guariente; Isadora Carolina Antonioli; Luís Pinto Ferreira; Teresa Pereira e F. J. G. Silva. Implementing Autonomous Maintenance in an Automotive Components Manufacturer. 7th Manufacturing Engineering Society International Conference, 2017).

### 4.4 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

Após estas conclusões, pode-se considerar ainda, algumas aplicações referentes a este estudo para trabalhos futuros, e estes são:

- Implementar a MA em outras linhas – Continuar com a aplicação desta ferramenta para as outras linha da empresa, uma vez que sua primeira utilização foi aplicada com sucesso;
- Aplicação do sistema TPM – Dar continuidade à implementação das outras ferramentas da estrutura do TPM, afim de ter esta ferramenta funcionando por completo na empresa;
- Análise da vida útil das peças das máquinas – Realizar uma análise que visa demonstrar o desgaste sofrido às ferramentas devido a sua utilização, afim de ter um controle de seu uso e saber a hora correta de fazer a alteração.

Assim, com estas propostas a empresa pode continuar crescendo com uma melhoria continua em seu sistema, aprimorando as ferramentas já implementadas e buscando novas ideias para melhorar seus processos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



ABDULMALEK, F. A. AND RAJAGOPAL, J. ANALYZING THE BENEFITS OF LEAN MANUFACTURING AND VALUE STREAM MAPPING VIA SIMULATION: A PROCESS SECTOR CASE STUDY, INT. J. PRODUCTION ECONOMICS, 2007.

AZIZI, AMIR. EVALUATION IMPROVEMENT OF PRODUCTION PRODUCTIVITY PERFORMANCE USING STATISTICAL PROCESS CONTROL, OVERALL EQUIPMENT EFFICIENCY, AND AUTONOMOUS MAINTENANCE. 2ND INTERNATIONAL MATERIALS, INDUSTRIAL, AND MANUFACTURING ENGINEERING CONFERENCE, 2015.

AHMAD, ROSMAINI; KAMARUDDIN, SHAHRUL AND AZID, ISHAK ABDUL. DEVELOPMENT OF AUTONOMOUS MAINTENANCE IMPLEMENTATION FRAMEWORK FOR SEMICONDUCTOR INDUSTRIES. INTERNATIONAL JOURNAL OF INDUSTRIAL AND SYSTEMS ENGINEERING, 2011.

BORRIS, STEVEN. TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE. MCGRAW-HILL, 2006. ISBN10: 0071589260.

BRAGANÇA, ANA CAROLINA HALIUC. AS COMPANHIAS DE COMÉRCIO NO BRASIL COLONIAL: MONOPÓLIO E CONCENTRAÇÃO DE RENDA. DIREITO E POBREZA, 2008.

BRANCO, GIL FILHO. DICIONÁRIO DE TERMOS DE MANUTENÇÃO, CONFIABILIDADE E QUALIDADE. CIÊNCIA MODERNA LTDA., RIO DE JANEIRO. 2004.

BRESCIANI, T. A. IMPACTO DA UTILIZAÇÃO DO TPM NA ERA DAS MÁQUINAS ROBÓTICAS. USP, SÃO PAULO, 2009.

BRESSER, LUIZ CARLOS E PEREIRA, GETÚLIO VARGAS. A ERA VARGAS: DESENVOLVIMENTISMO, ECONOMIA E SOCIEDADE. UNESP, SÃO PAULO, 2012. ISSN 0104-0618.

BURTON, R.; TERENCE, T. AND BOEDER, S. M. LEAN EXTENDED ENTERPRISE: MOVING BEYOND THE FOUR WALLS TO VALUE STREAM EXCELLENCE. BOCA RATON, ROSS PUBLISHING, USA, 2003. ISBN: 1-932159-12-6.

CABRAL, JOSÉ PAULO SARAIVA. ORGANIZAÇÃO E GESTÃO DA MANUTENÇÃO. 6ª EDIÇÃO, LIDEL, LISBOA, 2006. ISBN: 978-972-757-440-7.

FARNSWORTH, M.; BELL, C.; KHAN, S. AND TOMIYAMA T. AUTONOMOUS MAINTENANCE FOR THROUGH-LIFE ENGINEERING. SPRINGER INTERNATIONAL PUBLISHING SWITZERLAND, 2015.

FERREIRA, CLOVES WANDERLANDE TORRES E LEITE, JANDECY CABAL. APPLIED AUTONOMOUS MAINTENANCE IN THE IMPROVEMENT OF PRODUCTION QUALITY: A CASE STUDY. JOURNAL OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS, 2016.

FONTANINI, PATRÍCIA. MENTALIDADE ENXUTA NO FLUXO DE SUPRIMENTOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: APLICAÇÃO DE MACRO MAPEAMENTO NA CADEIA DE FORNECEDORES DE ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO. UNICAMP, CAMPINAS, 2004.

HEDMAN, RICHARD; SUBRAMANIYAN, MUKUND AND ALMSTRÖM, PETER. ANALYSIS OF CRITICAL FACTORS FOR AUTOMATIC MEASUREMENT OF OEE. 49TH CIRP CONFERENCE ON MANUFACTURING SYSTEMS, 2016.

HIRANO, HIROYUKI. 5S NA PRÁTICA. 1ª EDIÇÃO, IMAM, SÃO PAULO, 1994.

KARDEC, A.; FLORES, J. E SEIXAS, E. GESTÃO ESTRATÉGICA E INDICADORES DE DESEMPENHO. QUALITYMARK, RIO DE JANEIRO, 2001.

KARDEC, A. E NASCIF, J. MANUTENÇÃO: FUNÇÃO ESTRATÉGICA. QUALITYMARK, SÃO PAULO, 2001.

KARDEC, A. E RIBEIRO H. GESTÃO ESTRATÉGICA E MANUTENÇÃO AUTÔNOMA. ABRAMAN, RIO DE JANEIRO, 2002.

KIRAN, D. R. TOTAL QUALITY MANAGEMENT: KEY CONCEPTS AND CASE STUDIES. BUTTERWORTH-HEINEMANN: ELSEVIER, 2016. ISBN: 978-0-12-811035-5.

KUMAR, B. SURESH AND ABUTHAKEER, S. SYATH. IMPLEMENTATION OF LEAN TOOLS AND TECHNIQUES IN AN AUTOMOTIVE INDUSTRY. JOURNAL OF APPLIED SCIENCES, 12: 1032-1037, 2012.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2016. ACEDIDO EM: [WWW.LEAN.ORG](http://WWW.LEAN.ORG). CONSULTADO EM NOVEMBRO DE 2016.

LIKER, JEFFREY. THE TOYOTA WAY: 14 MANAGEMENT PRINCIPLES FROM THE WORLD'S GREATEST MANUFACTURER. MCGRAW-HILL; 1ª EDITION, 2003. ISBN: 0071392319, 9780071392310

MAPOKGOLE, J. AND MBOHWA C. THE ART OF MANAGING PRODUCTION DISRUPTIONS IN PUMP INDUSTRY THROUGH VISUAL MANAGEMENT. THE INTERNATIONAL FEDERATION OF AUTOMATIC CONTROL, 2013.

MÁRQUEZ, ADOLFO CRESPO. THE MAINTENANCE MANAGEMENT FRAMEWORK: MODELS AND METHODS FOR COMPLEX SYSTEMS MAINTENANCE. SPRING-VERLAG LONDON LIMITED, 2007. ISBN 13:9781846288203.

MIRSHAWKA, VITOR E OLMEDO, NAPOLEÃO LUPES. COMBATE AOS CUSTOS DA NÃO EFICÁCIA: A VEZ DO BRASIL. MAKRON BOOKS, SÃO PAULO, 1993.

MOLENDA, MICHAL. THE AUTONOMOUS MAINTENANCE IMPLEMENTATION DIRECTORY AS A STEP TOWARD THE INTELLIGENT QUALITY MANAGEMENT SYSTEM. MANAGEMENT SYSTEMS IN PRODUCTION ENGINEERING, 2016.

MUSHIRI, TAWANDA; MUGWINDIRI, KUMBIRAYI AND MBOHWA, CHARLES. THE USE OF AUTONOMOUS MAINTENANCE IN THE FERTILIZER INDUSTRY IN ZIMBABWE. WORLD CONGRESS ON ENGINEERING AND COMPUTER SCIENCE, 2016.

MWANZA, BUPE G. AND MBOHWA, CHARLES. DESIGN OF A TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE MODEL FOR EFFECTIVE IMPLEMENTATION: CASE STUDY OF A CHEMICAL MANUFACTURING COMPANY. INDUSTRIAL ENGINEERING AND SERVICE SCIENCE, 2015.

NAKAJIMA, S., INTRODUÇÃO AO TPM: TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE. IMC INTERNACIONAL SISTEMAS EDUCATIVOS LTDA., SÃO PAULO, 1989.

PINTO, HUGO; PIMENTEL, CARINA AND CUNHA, MADALENA. IMPLICATIONS OF TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE IN PSYCHOLOGICAL SENSE OF OWNERSHIP. PROCEEDIA: SOCIAL AND BEHAVIORAL SCIENCES, 2016.

PINTO, J. P. MANUTENÇÃO LEAN. LIDEL, LISBOA, 2013. ISBN: 9789727578771.

PINTO, L. F. R. SISTEMA DE GESTÃO VISUAL APLICADA AO TPM: UMA ABORDAGEM PRÁTICA. UNIFEI, MINAS GERAIS, 2003.

POÓR, PETER; KAMARYT, TOMÁŠ AND ŠIMON, MICHAL. INTRODUCING AUTONOMOUS MAINTENANCE BY IMPLEMENTING OTH HYBRID POSITIONS AND TPM METHODS IN METALLURGICAL COMPANY. INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY (IJET), 2015.

POPPENDIECK, TOM AND POPPENDIECK, MARY. IMPLEMENTING LEAN SOFTWARE DEVELOPMENT: FROM CONCEPT TO CASH. ADDISON-WESLEY PROFESSIONAL, EUA, 2006. ISBN 0-321-43738-1

POTAPCHUK, LARISSA; LUCANSKY, PATRICK AND BURKE, ROBERT. TRAINING IN A LEAN ENTERPRISE: PREPARING FOR SUCCESS IN AN ORGANIZATION TRANSITIONING TO LEAN MANAGEMENT. 2003.

ROSIMAH, SITI; SUDIRMAN, IMAN; SISWANTO, JOKO AND SUNARYO, INDRYATI. AN AUTONOMOUS MAINTENANCE TEAM IN ICT NETWORK SYSTEM OF INDONESIA TELECOM COMPANY. 2ND INTERNATIONAL MATERIAL, INDUSTRIAL, AND MANUFACTURING ENGINEERING CONFERENCE, 2015.

SANTOS, ANA E SANTOS, MARCOS. UTILIZAÇÃO DO INDICADOR DE EFICÁCIA GLOBAL DE EQUIPAMENTOS (OEE) NA GESTÃO DE MELHORIA CONTINUA DO SISTEMA DE MANUFATURA - UM ESTUDO DE CASO, 2007.

SHAMAN, GUPTA AND SANJIV, KUMAR JAIN. A LITERATURE REVIEW OF LEAN MANUFACTURING, INTERNATIONAL JOURNAL OF MANAGEMENT SCIENCE AND ENGINEERING MANAGEMENT, 2013.

SHIROSE, KUNIO. TPM FOR OPERATORS. PRODUCTIVITY PRESS, PORTLAND, 1992. ISBN: 1563270161.



SUZUKI, T. TPM: TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE. JIPM & IMC, SÃO PAULO, 1993.

TJELL, JANNI AND BOSCH-SIJTSEMAA, PETRA M. VISUAL MANAGEMENT IN MID-SIZED CONSTRUCTION DESIGN PROJECTS. NORDIC CONFERENCE ON CONSTRUCTION ECONOMICS AND ORGANIZATION, 2015.

VAZ, J.C. GESTÃO DA MANUTENÇÃO. IN: CONTADOR, J.C., GESTÃO DE OPERAÇÕES: A ENGENHARIA DE PRODUÇÃO A SERVIÇO DA MODERNIZAÇÃO DA EMPRESA, 2ª EDIÇÃO. EDGARD BLÜCHER, SÃO PAULO, 1998. ISBN: 8521201605

VENKATESH, J. AN INTRODUCTION TO TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM). 2007.

WAKJIRA, MELESSE WORKNEH AND IYENGAR, ANANTH SHALVAPULLE. AUTONOMOUS MAINTENANCE: A CASE STUDY ON ASSELA MALT FACTORY. BONFRING INTERNATIONAL JOURNAL OF INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT SCIENCE, 2014.

WHEELWRIGHT, S. C. AND CLARK K. B. REVOLUTIONIZING PRODUCT DEVELOPMENT: QUANTUM LEAPS IN SPEED, EFFICIENCY AND QUALITY. FREE PRESS, NEW YORK, 1992.

WHITEPAPER, IDHAMMAR. IMPLEMENTING OEE SYSTEMS: DELIVERING ON THE PROMISE: BEST PRACTICES FOR CONTINUOUS IMPROVEMENT. COPYRIGHT IDHAMMAR SYSTEMS LTD., 2010.

WILLIAMSON, ROBERT M. THE BASIC PILLARS OF TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE. MAINTENANCE TECHNOLOGY, 2000.

WILLMOTT, PETER AND MCCARTHY, DENNIS. TPM - A ROUTE TO WORLD-CLASS PERFORMANCE. BUTTERWORTH HEINEMANN, OXFORD, 2001. ISBN: 9780080519487

WOMACK, JAMES AND JONES, DANIEL. LEAN THINKING: BANISH WASTE AND CREATE WEALTH IN YOUR CORPORATION. FREE PRESS BUSINESS, UNITED KINGDOM, 2ª EDITION, 2003. ISBN 0-7432-4927-5

XAVIER, J. N. AND PINTO, A. K. MANUTENÇÃO: FUNÇÃO ESTRATÉGICA. QUALITYMARK, RIO DE JANEIRO, 2ª EDIÇÃO, 2003.

WILSON, LONNIE. HOW TO IMPLEMENT LEAN MANUFACTURING, MCGRAW-HILL, 2010. ISBN: 978-0-07-162508-1

XENOS, H. G. GERENCIANDO A MANUTENÇÃO PRODUTIVA. EDITORA FALCONI, SÃO PAULO, 2ª EDIÇÃO, 2014. ISBN: 978-85-98254-64-7

## ANEXOS

ANEXO A – ORDEM DE SERVIÇO DA MANUTENÇÃO CURATIVA

ANEXO B – ORDEM DE SERVIÇO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA  
SISTEMÁTICA

ANEXO C – MODELO DA MANUTENÇÃO 1º NÍVEL UTILIZADO ANTES  
DAS MELHORIAS

ANEXO D – QUESTIONÁRIO ENTREGUE AOS COLABORADORES DA  
LINHA AA3

ANEXO E – FOLHA DE INSTRUÇÃO DE LIMPEZA

ANEXO F – FOLHA DE INSTRUÇÃO M1N

ANEXO G – FOLHA DE REGISTRO DAS AÇÕES DA M1N

ANEXO H – FOLHA DE REGISTRO DAS AÇÕES DE LIMPEZA

ANEXO I – ARTIGO PUBLICADO NAS ATAS DA CONFERENCIA  
INTERNACIONAL MESIC 2017

ANEXO J – PÔSTER APRESENTADO NA CONFERÊNCIA  
INTERNACIONAL MESIC 2017



## ANEXO A – Ordem de Serviço da Manutenção Curativa

# EAM

Imprimir ordem de serviço - Abrangente

Ordem de serviço					
<b>Ordem de serviço</b>	576054	MPs Prensa lomar	<b>Data início pro</b>	12/12/2016	
<b>Criado por</b>	A0H08661		<b>Data de término programada</b>	12/16/2016	
<b>Criado</b>	06/28/2016		<b>Status</b>	Em andamento	
<b>Tipo de OS</b>	PM		<b>OS principal</b>		
<b>Departamento</b>	Manutenção preventiva		<b>Classe</b>		
	*		<b>Prioridade</b>		
<b>Programação de MP</b>	DEFAULT / ALL DEPARTMENTS		<b>Garantia</b>		
	MP0001		<b>Segurança</b>		
<b>Código de custo</b>	MPs Prensa lomar		<b>Nível crít equip</b>		
			<b>Atribuído a</b>	563	
<b>Código de problema</b>			<b>Relatado por</b>		
			<b>Atribuído por</b>		
<b>Projeto</b>			<b>Vários equipamentos</b>	Não	
<b>OS padrão</b>			<b>Campanha</b>		
			<b>Evento da campanha</b>		
			<b>Data de início</b>		
			<b>Data de conclusão</b>		
			<b>Hora de conclusão</b>		
Equipamento					
<b>Equipamento</b>	PSL0027	Prensa Lomar			
	AA17	AA17			
	FABRICA 3	Fábrica Nova (Não usar para Os)			
	2AMA1-PORTO				
<b>Fabricante</b>					
<b>Modelo</b>					
<b>Número de série</b>					
<b>Localização</b>					
<b>Classificação de confiabilidade</b>		<b>Pontuação de classificação de confiabilidade</b>			
<b>Índice de classificação de confiabilidade</b>					
Observações OS/MP					
<b>A0H08661 [09/29/2010 16:24]:</b> VERIFICAR FUNCIONAMENTO DOS ELEMENTOS HIDRAULICOS (OK/NOK) VERIFICAR BOM FUNCIONAMENTO DO QUADRO ELECTRICO (OK/NOK) VERIFICAR FUNCIONAMENTO FIM DE CURSO (OK/NOK) DESMONTAGEM,LIMPEZA E LUBRIFICAÇÃO DOS MORDENTES E/OU MOLDES (OK/NOK) VERIFICAR EXISTENCIA DE FUGAS NO CIRCUITO HIDRÁULICO (OK/NOK) VERIFICAR BOM FUNCIONAMENTO BOTONEIRA DE EMERGENCIA E PEDAL DE ACCIONAMENTO (OK/NOK) VERIFICAR FIXAÇÃO DOS DIVERSOS ELEMENTOS(PORCAS,PARAFUSOS,SOLDADURAS) (OK/NOK) VERIFICAR E ELIMINAR FUGAS NAS VALVULAS PNEUMATICAS/HIDRAULICAS SE HOVER (OK/NOK) VERIFICAR O ESTADO DOS ACRILICOS/PROTECCOES SUBSTITUIR SE NECESSARIO (OK/NOK)					
Atividade					
<b>Ordem de serviço</b>	576054				
<b>Atividade</b>	10				
<b>Nível</b>		<b>Horas estimadas</b>	<b>Pessoal requerido</b>	<b>Data de início da atividade</b>	
TECNICOMANUTEN Técnico Manutenção		1	1	<b>Data de término da atividade</b>	
Progr. atividades					
Horas registradas					
<b>Funcionário/equipe</b>	<b>Data</b>	<b>Hora inic.</b>	<b>Hr. término</b>	<b>Total horas</b>	<b>Tipo de hora</b>



## ANEXO B – Ordem de Serviço da Manutenção Preventiva Sistemática

# EAM

Imprimir ordem de serviço - Abrangente

Ordem de serviço				
Ordem de serviço	629088	aa3-paragon a soldar mal	Data início pro	12/09/2016
Criado por	UAPAA3		Data de término programada	12/09/2016
Criado	12/09/2016		Status	OS Fechada
Tipo de OS	BRKD		OS principal	
	Avaria com paragem		Classe	
Departamento	*		Prioridade	
	DEFAULT / ALL DEPARTMENTS		Garantia	
Programação de MP			Segurança	
Código de custo			Nível crít equip	
			Atribuído a	312
Código de problema			Relatado por	570
			Atribuído por	
Projeto			Vários equipamentos	Não
			Campanha	
OS padrão			Evento da campanha	
			Data de início	12/09/2016 00:00
			Data de conclusão	12/09/2016
			Hora de conclusão	09:58

Equipamento		
Equipamento	SOL0010	Máq soldar Paragon
	AA3	AA3
	UAPAA3	UAPAA3
	FABRICA 3	Fábrica Nova (Não usar para Os)
	2AMA1-PORTO	
Fabricante		
Modelo		
Número de série		
Localização		
Classificação de confiabilidade		Pontuação de classificação de confiabilidade
Índice de classificação de confiabilidade		

Observações OS/MP	
<b>A4H08641 [12/09/2016 09:58]:</b>	
Acertar mistura ar/gas	

Atividade					
Ordem de serviço	629088				
Atividade	10				
Nível		Horas estimadas	Pessoal requerido	Data de início da atividade	12/09/2016
TECNICOMANUTEN Técnico Manutenção		0,5	1	Data de término da atividade	12/09/2016

Progr. atividades	
-------------------	--

Horas registradas					
Funcionário/equipe	Data	Hora inic.	Hr. término	Total horas	Tipo de hora



ANEXO C - Modelo da Manutenção 1º Nível utilizado antes das melhorias

				INSTRUÇÃO DE TRABALHO MANUTENÇÃO 1º NÍVEL		Data elaboração	
		Nº MAQUINA				Emissor: Manutenção	
<b>FIGURAS</b>							
Nº foto	Quem	CONTROLAR		PROCEDIMENTO			
		O QUÊ	PERIODICIDADE	OPERAÇÃO	ACÇÃO	OBJECTIVO	
1	O p e r a d o r	Orgãos de Fixação	Semanal	Verificar a fixação dos diversos orgãos (PARAFUSOS, PORCAS, SOLDADURAS, entre outros.	Se encontrar anomalias chamar preparador	Controlar a estabilidade e o bom desempenho dos orgãos da maquina.	
2		Pneumática	Semanal	Verificar a existência de água no copo, retirar se necessário.	Purgar	Controlar a estabilidade e o bom desempenho dos orgãos da maquina.	
3		Pneumática	Semanal	Verificar o nível de óleo de lubrificação no copo.	Se encontrar anomalias chamar preparador	Garantir um bom desempenho da maquina controlando a sua lubrificação	
4		Eléctrica	Semanal	Verificar o bom funcionamento: EMERGÊNCIA e/ou botoneira e/ou pedal de accionamento, se existirem.	Se encontrar anomalias chamar preparador	Controlar o nivel de segurança da maquina.	
5		Orgãos da máquina	Diária	Limpeza geral a todos os componentes da máquinas	Usar o kit de limpeza disponivel	5 S	
<p style="text-align: center;">PREVENIR TODAS AS ANOMALIAS ENCONTRADAS (FUGAS, RUIDOS, ...)</p> <p style="text-align: center;">TODA A INTERVENÇÃO IMPLICA O SEGUIMENTO DOS CONSELHOS/REGRAS DE SEGURANÇA</p> <p style="text-align: center;"><b>O NÃO CUMPRIMENTO DESTAS OPERAÇÕES PREJUDICA GRAVEMENTE O BOM FUNCIONAMENTO DAS MAQUINAS E CONSEQUENTE DESEMPENHO DO SEU OPERADOR.</b></p>							





## ANEXO D – Questionário entregue aos colaboradores da linha AA3

Número:

Data:

### **Manutenção 1º Nível**

- 1) Qual máquina da linha AA3 você trabalha ou já trabalhou?
- 2) Quais as principais avarias que você encontrou enquanto operava elas?
- 3) Com que frequência você nota essas avarias?
- 4) Você seria capaz de resolver este problema, com ou sem auxílio?
- 5) Com que frequência é realizado a manutenção de primeiro nível na linha?
- 6) Quem é o responsável por fazer a manutenção de primeiro nível?



ANEXO E – Folha de instrução de limpeza

MÁQUINA: CUR0041



UAP: AA3

LINHA: AA17 BP

Instrução de Limpeza

GRELHA DE LIMPEZA			
ITEM	QUANDO	DESCRIÇÃO DE PROCEDIMENTO	COMO
	DIÁRIO	<b>PONTOS IMPORTANTES</b> ESTRUTURAS COM ETIQUETA AMARELA DEVEM SER LIMPAS <b>SEMPRE</b> QUE SE VERIFIQUE A PRESENÇA DE LIMALHAS OU RESÍDUOS. • Top e pinças • Guias e bloqueio • Calibres	
1	SEMANAL	• ESTRUTURAS EXTERNAS DO GRUPO DE ELETRO-VÁLVULAS, BRAÇO DE CURVATURA E BRAÇO FIXO	
2	QUINZENA L	• ACRÍLICOS DE PROTEÇÃO E ESTRUTURA DE SUPORTE • GRELHAS DE VENTILAÇÃO (EXTERNO)	
3	QUINZENA L	• SUPERFÍCIE EXTERNA DO GRUPO HIDRÁULICO E GRUPO ELÉTRICO • CAPO DE PROTEÇÃO	
4	MENSAL	• PAINEL DE CONTROLO (MONITOR) E MEIOS MÓVEIS DE APOIO	

TODOS OS EQUIPAMENTOS/FERRAMENTAS QUE NÃO SEJAM UTILIZADOS, DEVERÃO SER ACONDICIONADOS E PROTEGIDOS COM BOLSAS DE PLÁSTICO OU NO LOCAL DEFINIDO.







ANEXO F – Folha de instrução M1N

### INSTRUÇÕES MANUTENÇÃO 1º NÍVEL

MÁQUINA: CUR0014



1

Verificar o funcionamento do botão de emergência



2

Observar se o nível de óleo está dentro do especificado



3

Observar se o ponteiro do manómetro está dentro da área verde indicada



4

Observar se as ligações e a posição dos sensores estão corretas



5

Verificar o funcionamento e posicionamento da barreira de segurança



6

Observar se há sujidade na grelha de ventilação do quadro elétrico



GRELHA DE MANUTENÇÃO

QUEM	ONDE	O QUÊ	COMO	POR QUE	AÇÃO CORRETIVA	QUANDO
Operador	1	Segurança	•Verificar se o botão de emergência encontra-se em pleno funcionamento.	•Garantir a segurança do operador ao realizar suas atividades na máquina.	•Se este item não estiver conforme, realizar uma OS.	Diário
	2	Hidráulica	•Verificar se o nível de óleo, que se encontra atrás da máquina, está dentro dos limites indicados.	•Prevenir o desgaste da máquina por falta de óleo em seu sistema.	•Se este item não estiver conforme, realizar uma OS.	Diário
	3	Pneumática	•Verificar se o ponteiro do manómetro, localizado atrás da máquina, está dentro dos limites indicados.	•Garantir o bom funcionamento do equipamento	•Se este item não estiver conforme, realizar uma OS.	Diário
	4	Elétrica	•Verificar a fixação e a posição dos sensores, através das suas marcações.	•Evitar paragens desnecessárias da máquina, pelo mau funcionamento dos sensores.	•Se este item não estiver conforme, utilizar as ferramentas disponíveis para sua correção.	Diário
	5	Segurança	•Verificar se as barreiras de segurança estão em pleno funcionamento e se estão no local definido.	•Garantir a segurança do operador e reduzir o tempo de paragem desnecessária da máquina.	•Se este item não estiver conforme, realizar uma OS.	Diário
	6	Elétrica	•Verificar o nível de sujidade da grelha de ventilação do quadro elétrico, localizado ao lado da máquina.	•Evitar o sobreaquecimento da máquina.	•Limpar as grelhas utilizando o kit de limpeza disponível.	Diário



ANEXO G – Folha de Registro das ações da M1N

		Folha de Registo - MANUTENÇÃO 1º Nível							xxxxxxxx			
Semana	Dia						Ponto avariado	Correção/OS Descrição da ação corretiva	Reparado		Nº Operador	Verificado por:
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB			DOM	Sim		
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
32												
33												
34												
35												
36												
37												
38												
39												
40												
41												
42												
43												
44												
45												
46												
47												
48												
49												
50												
51												
52												

N/A

Assinalar quando não se fez verificação/manutenção por motivo de perigo de máquina.

OK

Assinalar sempre que NÃO se verificaram anomalias.

NO K

Assinalar sempre que se verificaram anomalias.

D

T

N





ANEXO H – Folha de Registro das ações de Limpeza

RESPONSÁVEL: OPERADOR/MONITOR

Folha de Registro – Instrução de Limpeza

MÊS/ ANO: \_\_\_\_\_

		REGISTO DE CONTROLO																								
		SEMANA I					SEMANA II					SEMANA III					SEMANA IV					SEMANA V				
QUANDO		seg.	ter.	qua.	qui.	sex.	seg.	ter.	qua.	qui.	sex.	seg.	ter.	qua.	qui.	sex.	seg.	ter.	qua.	qui.	sex.	seg.	ter.	qua.	qui.	sex.
M Manhã	DIÁRIO																									
	SEMANAL																									
	ÁREAS								1-2												3					
T Tarde	DIÁRIO																									
	SEMANAL																									
	ÁREAS			1-2										1-2												
N Noite	DIÁRIO																									
	SEMANAL																									
	ÁREAS								3										1-2							

NOTAS:

OS NUMEROS DETERMINADOS NO REGISTO INDICAM AS ÁREAS DA MAQUINA A LIMPAR

AS TAREFAS NÃO EXECUTADAS NO DIA INDICADO, DEVERÃO PASSAR PARA O DIA SEGUINTE.

QUALQUER ANOMALIA DURANTE OS PROCESSOS DE LIMPEZA E VERIFICAÇÃO DEVERÁ SER IMEDIATAMENTE REPORTADA AOS RESPONSÁVEIS DA ÁREA PARA CRIAÇÃO DE ORDEM DE SERVIÇO (OS).

TODOS OS UTENSÍLIOS DE LIMPEZA (BALDE, ESFREGONA, ETC) DEVERÃO SER LIMPOS E REPOSTOS PARA UTILIZAÇÃO NO TURNO SEGUINTE.



## Implementing Autonomous Maintenance in an Automotive Components Manufacturer

Pedro Guariente<sup>(1)</sup>, Isadora Carolina Antonioli<sup>(1)</sup>, Luís Pinto Ferreira<sup>(1)</sup>, Teresa Pereira<sup>(1,2)</sup>, F. J. G. Silva<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Instituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto, Portugal

<sup>(2)</sup>CIDEM, Rua Dr. António Bernardino de Almeida, nº431, 4200-072, Porto, Portugal

(pedroguariente@hotmail.com; isadora\_antonioli@hotmail.com; lpf@isep.ipp.pt; mtp@isep.ipp.pt; fgs@isep.ipp.pt)

### ABSTRACT

The automotive sector constitutes one of the most demanding activities in the global market, since it requires a constant increase in productivity, both in the automobile industry as well as in the companies whose manufacture its components. This sector is currently set within an economic framework where there is a relentless search for costs reduction and an increase in productivity with minimal investment. In order to meet these requirements, companies have sought to optimise their products and processes to ensure higher profits. This study was developed with the purpose of enhancing procedures in the maintenance sector regarding a company which supplies air-conditioning tubes to the automotive sector. The main objective was to increase its machines and equipment availability through the implementation of autonomous maintenance. Due to the undertaken improvements, there was a 10% increase in the monthly indicator of equipment availability on line AA3 at the company where the study was carried out. This, in turn, resulted in an increase of 8% in OEE (Overall Equipment Effectiveness) during the same time period, which was chiefly due to a reduction both in machine breakdown rates, as well as in the MTTR (Mean Time To Repair) on the same line.

**Keywords:** Autonomous Maintenance, Automotive Industry, TPM, Visual Management

### 1. Introduction

Due to the market high demand, industry has been pressed to develop and adopt new production technologies and techniques, as well as management procedures, with no chances for failures or waste. Faced to this scenario, companies must continuously enhance their activities in order to survive in this competitive environment [1]. This demand invariably affects the maintenance sector which, together with production, must carry out their activities in such a way that these do not interfere with the course of the productive process [2]. To this end, maintenance strategies must be drawn up so that possible breakdowns on equipment are reduced to a bare minimum. Thus, the goal is to reach a level of total efficiency to ensure reliable uninterrupted production [3]. Autonomous maintenance is a tool which stems from the eight foundations of the Total Productive Maintenance structure (TPM). Its aim is to eliminate all the forms of time expenditure associated to stoppages in the productive system due to machine breakdowns, which invariably produce a direct impact on process performance [4, 5]. Autonomous Maintenance is, therefore, essential to the implementation of TPM; it

enables greater production throughput and includes the support of the company's employees [6]. In order to implement these targets, greater responsibility must be given to the operators: these must be made fully aware of their role in ensuring both the quality of the end product, as well as the efficient running of machines to achieve significant improvement in equipment performance [7].

The work described in this article was developed at a company in the sector of components for the automotive industry, which is located in Porto, Portugal. Autonomous Maintenance was implemented and associated with other Lean philosophy tools (5S, TPM and Visual Management) with the purpose of improving actions in the maintenance sector of a production line, which would then reduce the stoppage rates resulting from machine breakdowns. This article is divided into five sections: section 1 consists of the introduction; section 2 presents a review of literature pertaining to the subject of maintenance optimization tools; section 3 deals with the methodology developed to carry out the work; section 4 describes the course of all the practical work involved and undertaken at the company being studied. This section also presents improvement proposals for identified problems, as well as the results obtained from their implementation. Finally, section 5 deals with the conclusions reached through this research work.

## **2. Literature Review**

The industrial sector has indeed become more robust over the years. As a result, there has been an increasingly important need to hone processes so as to meet the challenges of product diversification and the context of growing competition amongst rival companies [8]. In order to excel in this scenario, many have resorted to the use of improvement techniques ensuing from Lean philosophy to reduce waste and eliminate activities which add no value to the process [9]. The LCM process (Lean Centered Maintenance) thus emerged from the attempt to connect these concepts with other areas. It consists of Lean tools applied to the maintenance sector which, through the implementation of their principles and ensuing results, aim to support decision-making in companies, reduce waste and achieve constant improvement in the efficiency of equipment and machines [10]. In order to clarify the meaning of "maintenance", this can be understood as a set of techniques and tools that ensure the quality and reliability of the machines, equipment and facilities found in an industry, so that there are no unexpected interruptions in the system [11, 12]. Deriving from Lean philosophy, one of the tools used in maintenance processes is TPM, which consists of a set of techniques to address the optimisation of maintenance processes. When implemented, it results in the reduction of waste and a significant increase in productivity for the company involved [10]. The concept behind the TPM process is well defined: in order to ensure its successful application, the optimisation of the productive process must include the reduction of machine breakdowns, thus minimising waste and the consumption of products during the process [13]. The implementation of TPM requires setting up eight support pillars, one of which is autonomous maintenance. This is defined as a set of preventive and predictive maintenance activities carried out by the operator, who is

involved in machine manufacturing functions and is thus responsible for its maintenance and working order [14]. By taking on this responsibility, the operator is fully autonomous: the worker can request the support of a maintenance team when intervention on the machine is necessary, or when assistance is needed, without interfering in the productive process [15, 16]. The use of this tool is not restricted to the automotive sector, and its application can also be found in other sectors such as: Telecommunications [14], Agriculture [17] and in the area of Metallurgy [18]. One can thus conclude that the application of autonomous maintenance is of crucial importance to a corporation: its use provides great support in the improvement of results and reduction of waste, as well as in ensuring a greater quality of its products and services [17]. In order to be able to demonstrate the effectiveness of the autonomous maintenance implementation, one resorted to OEE as a tool to indicate the machines and equipment performance [19]. This indicator is used worldwide by several industries to demonstrate the percentage of productive time of equipment. Through autonomous maintenance, it is thus possible to identify an increase in the equipment availability [20].

### **3. Methodology**

The research methodology adopted to undertake this work was developed in four stages. The first of these consisted of a bibliographical review of the analysis and optimisation tools used in the maintenance sector, which is supported by theoretical concepts drawn from scientific articles and published books. During the second stage, one proceeded with the mapping of the company's maintenance process, in which the current scenario, as well as the main problems and improvement potential of the process, were analysed for this sector. The third stage consisted of implementing autonomous maintenance on the company's production line, as well as detecting critical points on machines to decide on a corrective action, with the purpose of optimising the company's maintenance process. Finally, the fourth and last stage comprised an analysis of the results obtained through the implementation of autonomous maintenance on the production line of the company involved in this study.

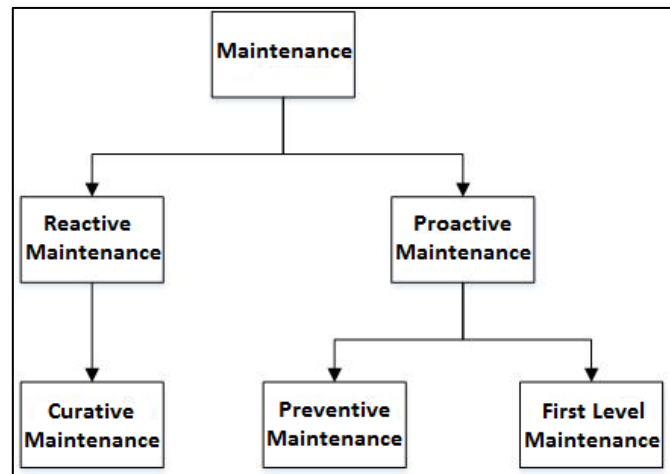
### **4. Analysis and Optimisation of a Productive Line for the Manufacture of Air-Conditioning Tubes**

The assembly line used as case study for this work was chosen because it presents the greatest machinery diversity into the company. Furthermore, it was also being subjected to a standardisation process at the time, which made it easier to implement maintenance optimisation tools. This context will also facilitate future applications of this type to other lines at the company. The line selected is denominated as AA3 and produces air-conditioning tubes for the automotive sector. This production line is divided into two areas: one of these manufactures high-pressure tubes and the other low-pressure ones. The nomenclature used for each area refers to the tube's resistance to the pressure exerted upon it when in operation in a vehicle.

#### 4.1 Mapping of the maintenance sector

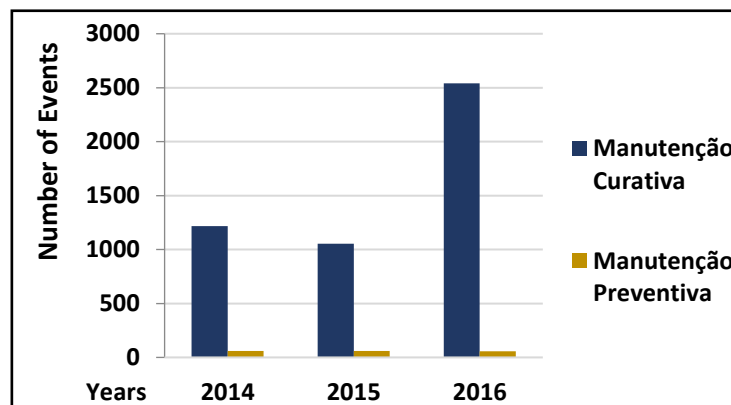
A company's maintenance sector is defined as an area which executes improvements and repairs on machines and equipment, thus ensuring a standard of reliability and preventing interruptions in production. In order to achieve this goal, maintenance can be undertaken in two ways: one is reactive, in which the immediate repair of breakdowns is carried out; the other is proactive, so that intervention takes place before breakdowns. The company subjected to study currently applies both of these maintenance models. The first is used in a curative manner and the second is divided into preventive and 1st level maintenance actions (see Figure 1).

**Figure 1.** Flowchart of the maintenance actions used in the company studied



Curative maintenance is used more frequently since preventive measures are only carried out at the weekends. During normal workdays, the maintenance technicians are only available for curative actions, due to the number of breakdown events on machines. Figure 2 shows the relation between these two types of maintenance activities by presenting the data gathered for the number of events in each of the last 3 years (2014, 2015 and 2016).

**Figure 2.** Relation between curative and preventive maintenance events



In the case of 1st level maintenance, which should be carried out weekly by line operators, this has proved to be ineffective. The reason for this is that the usage instructions are somewhat confusing and generic. Furthermore, there is a lack of control over the actions themselves, so that they are often not performed correctly by the operators.

#### 4.2 Problems identified/opportunities for improvement

Once the analysis of processes used in the company was carried out, one proceeded to identify the main problems detected in this sector, whose are presented in Table I. Initially, line AA3 presented overall equipment effectiveness (OEE) of 74%, regarding 75% of equipment availability.

**Table I.** Description of the identified problems

Problem	Description
High incidence of breakdowns	High incidence of breakdowns caused by lack of preventive maintenance measures.
Low incidence of preventive maintenance	Maintenance technicians are unavailable for preventive actions.
Machines and equipment availability	Low machine availability rates due to frequent breakdown events.
1st level maintenance	Timely preventive action not undertaken or incorrectly undertaken by the operators.
Repair time	Long periods of time spent by maintenance technicians to repair machines and equipment.

The purpose of this work is to reduce the number of curative maintenance actions on line AA3, subsequently redirecting these time-savings to increase the number of preventive actions. Greater availability on the OEE line would thus be achieved by optimising the 1st level maintenance process to the equipment autonomous maintenance.

#### 4.3 Solutions proposal

Table II presents proposals for the improvement of the identified problems. Through the maintenance sector optimisation, the productivity and efficiency of the line studied will thus be increased.

**Table II.** Description of proposals for improvement

Problem	Proposals for improvement
High incidence of breakdowns	Define preventive measures to minimise breakdown rates.
Low incidence of preventive maintenance	Redistribute maintenance technicians' tasks and redirect the time spent on curative actions to preventive ones.
Machines and equipment availability	Carry out daily cleaning and checks on machines and equipment to ensure they are in working order.
1st level maintenance	Redesign the current 1st level maintenance model to make it faster and more efficient to perform.
Repair time	Use visual management techniques to facilitate the detection of breakdown points.



In order to solve the abovementioned problems and apply the improvement actions whose were subsequently defined, one selected the improvement tool of autonomous maintenance to optimise these processes and achieve the expected results. The seven stages were thus followed to carry out the implementation and conclude its application (see Table III). Each of the stages in this process, as well as the undertaken actions, have been identified.

**Table III.** Description of stages in the implementation of autonomous maintenance

Stage	Description	Action undertaken
1	Initial cleaning	Cleaning Instructions implementation (drawing up of a page for each machine of the line, providing support to the operator clean the machine).
2	Elimination of dirt sources, and areas of difficult access	Use of 5S philosophy (helps to eliminate dirt, keeping the surroundings clean and the tools close to the area where they are needed).
3	Standardisation of cleaning and inspection	Use of 1st level maintenance to identify machine problems (improvement of the previously used model).
4	General inspection of equipment	Use of visual management techniques with the objective of facilitating the detection by operators and maintenance technicians regarding machine problems.
5	Overall Inspection of the process	Cards implementation to report abnormalities or safety, maintenance and production improvements. The purpose is to develop a sense of autonomy in workers so that, when necessary, they feel free to express their ideas.
6	Systemic autonomous maintenance	Check-sheets drafting of for 1st level maintenance, as well as for cleaning actions, to serve as a control method in the application of these activities.
7	Autonomous management	Training of operators and staff responsible for the AA3 line carried out, as well as preparation of the team and maintenance technicians, aiming to demonstrate the importance and results of this implementation.

The implementation of autonomous maintenance was thus carried out by following these stages: cleaning actions, machines and equipment inspection, line organisation and its activities standardisation. These stages ensured the achievement of the proposed goals and reduced the problems of interference caused by breakdowns in the process.

#### 4.4 Analysis of the obtained results

After the implementation and execution of the seven stages of autonomous maintenance, a reduction in breakdowns was observed on line AA3. Table IV presents the number of interventions carried out by the maintenance technicians before and after the applied improvements.

**Table IV.** Number of interventions on line AA3 in 2017

Year 2017	Before Improvements		After Improvements	
	January	February	March	April
Number of Interventions	127	134	120	97

Consequently, one also saw an increase of 10% (from 75% to 85%) in the availability rate of the machines on line AA3 from January to April 2017 (see Table V). As a result of this factor, there was a significant increase of 8% (from 74% to 82%) in OEE during the same time period, which directly impacted on the line AA3 production efficiency.

**Table V.** OEE results before and after the implementation of autonomous maintenance

Year 2017	Before Improvements		After Improvements	
	January	February	March	April
Availability (A)	75%	74%	80%	85%
Quality (Q)	99%	97%	99%	98%
Performance (P)	99%	98%	98%	98%
OEE = A x Q x P	74%	70%	78%	82%

In addition to these improvements, there was an increase in the Mean Time Between Fails (MTBF) of the machines on line AA3, as well as a reduction in the time spent by maintenance technicians on breakdowns repairs. All this was due to the visual management techniques applied to the line machines, which enabled the maintenance technician and operator to rapidly detect the malfunction. In order to calculate these data, one recorded the average, in hours, of the MTBF and MTTR (Mean Time To Repair) on all the line's machines for each month (see Table VI).

**Table VI.** MTBF and MTTR data for line AA3 in 2017

Year 2017	Before Improvements		After Improvements	
	January	February	March	April
MTBF (h)	267,25	227,65	278,34	300,05
MTTR (h)	0,71	0,75	0,68	0,63

## 5. Conclusions

This article was developed aiming to implement the autonomous maintenance function on air-conditioning tubes manufacturing line for the automotive sector. One also aimed to reduce the stoppage rates on machines ensuing from breakdowns. The main objective was achieved through the application of the seven stages of autonomous maintenance. By following these, operators were able to develop the responsibility to autonomously carry out activities related to cleaning actions, organisation and daily

checks of the critical points at the workstation, thus ensuring that their machines and equipment were in good working order. This project resulted in a significant decrease in the number of interventions on the line, and thus contributed greatly to the 10% increase in the monthly rate of machine availability, as well as 8% in OEE during the same period of time. Simultaneously, and as a consequence of these applications, there was also an increase in MTBF, as well as a reduction in MTTR due to the use of visual management practices. These enabled both the operators and maintenance technicians to easily detect a problem on the machines. Solutions were provided for the problems identified and, owing to these results, the company plans to extend the implementation of this improvement technique to other lines. All this was achieved through the use of techniques which directly tackle various types of waste and provide support in the continuous improvement of the process.

## 6. References

- [1] Azizi, Amir. Evaluation Improvement of Production Productivity Performance using Statistical Process Control, Overall Equipment Efficiency, and Autonomous Maintenance. 2nd International Materials, Industrial, and Manufacturing Engineering Conference, 2015.
- [2] Mwanza, Bupe G. and Mbohwa, Charles. Design of a Total Productive Maintenance Model for Effective Implementation: Case Study of a Chemical Manufacturing Company. Industrial Engineering and Service Science, 2015.
- [3] Wheelwright, S. C. and Clark K. B. Revolutionizing Product Development: Quantum Leaps in Speed, Efficiency and Quality. New York: Free Press, 1992.
- [4] Wakjira, Melesse Workneh and Iyengar, Ananth Shalvapulle. Autonomous Maintenance: A Case Study on Assela Malt Factory. Bonfring International Journal of Industrial Engineering and Management Science, 2014.
- [5] Ahmad, Rosmaini; Kamaruddin, Shahrul and Azid, Ishak Abdul. Development of Autonomous Maintenance Implementation Framework for Semiconductor Industries. International Journal of Industrial and Systems Engineering, 2011.
- [6] Kiran, D. R. Total Quality Management: Key Concepts and Case Studies. Butterworth-Heinemann: Elsevier, 2016. ISBN: 978-0-12-811035-5.
- [7] Womack, James and Jones, Daniel. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. United Kingdom: Free Press Business, 2<sup>a</sup> edition, 2003.
- [8] Bresser, Luiz Carlos and Pereira, Getúlio Vargas. A Era Vargas: Desenvolvimentismo, Economia e Sociedade. São Paulo: UNESP, 2012.
- [9] Lean Enterprise Institute, Lean Enterprise Institute, 2016. Web site: [www.Lean.org](http://www.Lean.org). Consulted in November 2016.
- [10] Pinto, J. P. Manutenção Lean. Lisboa: Lidel, 2013. ISBN: 9789727578771.
- [11] Farnsworth, M.; Bell, C.; Khan, S. and Tomiyama T. Autonomous Maintenance for Through-Life Engineering. Springer International Publishing Switzerland, 2015.

- [12] Ferreira, Cloves Wanderlande Torres and Leite, Jandecy Cabal. Applied autonomous maintenance in the improvement of production quality: A case study. Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications, 2016.
- [13] Nakajima, S., Introdução ao TPM: Total Productive Maintenance. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989.
- [14] Rosimah, Siti; Sudirman, Iman; Siswanto, Joko and Sunaryo, Indryati. An Autonomous Maintenance Team in ICT Network System of Indonesia Telecom Company. 2nd International Material, Industrial, and Manufacturing Engineering Conference, 2015.
- [15] Molenda, Michal. The Autonomous Maintenance Implementation Directory as a Step Toward the Intelligent Quality Management System. Management Systems in Production Engineering, 2016.
- [16] Pinto, Hugo; Pimentel, Carina and Cunha, Madalena. Implications of Total Productive Maintenance in Psychological Sense of Ownership. Procedia: Social and Behavioral Sciences, 2016.
- [17] Mushiri, Tawanda; Mugwindiri, Kumbirayi and Mbohwa, Charles. The Use of Autonomous Maintenance in the Fertilizer Industry in Zimbabwe. World Congress on Engineering and Computer Science, 2016.
- [18] Poór, Peter; Kamaryt, Tomáš and Šimon, Michal. Introducing Autonomous Maintenance by Implementing OTH Hybrid Positions and TPM Methods in Metallurgical Company. International Journal of Engineering and Technology (IJET), 2015.
- [19] Hedman, Richard; Subramaniyan, Mukund and Almström, Peter. Analysis of Critical Factors for Automatic Measurement of OEE. 49th CIRP Conference on Manufacturing Systems, 2016.
- [20] Whitepaper, Idhammar. Implementing OEE Systems: Delivering on the Promise: Best Practices for Continuous Improvement. Copyright Idhammar Systems Ltd., 2010.





# 7<sup>th</sup> MANUFACTURING ENGINEERING SOCIETY INTERNATIONAL CONFERENCE

TRANSFORMING KNOWLEDGE TOWARDS MANUFACTURING 4.0

## Implementing Autonomous Maintenance in an Automotive Components Manufacturer

Pedro Guariente<sup>1</sup>, Isadora Carolina Antonioli<sup>1</sup>, Luís Pinto Ferreira<sup>1</sup>, Teresa Pereira<sup>1,2</sup>, F. J. G. Silva<sup>1</sup>

(1) Instituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto, Portugal

(2) CIDEM, Rua Dr. António Bernardino de Almeida, n.º 431, 4200-072, Porto, Portugal

(pedroguariente@hotmail.com; isadora\_antonioli@hotmail.com; lpf@isep.ipp.pt; mtp@isep.ipp.pt; fgs@isep.ipp.pt)

### INTRODUCTION

The work described in this study was developed at a company in the sector of components for the automotive industry, which is located in Porto, Portugal. Autonomous Maintenance was implemented and associated with other Lean philosophy tools (5S, TPM and Visual Management).

### OBJECTIVES

The main objective of this study was to solve the following issues:

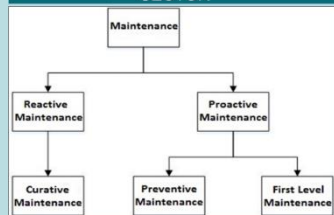
- ❑ Reduce the high incidence of breakdowns caused by lack of preventive maintenance measures;
- ❑ Increase the incidence of preventive maintenance;
- ❑ Increasing the machine availability rates due to frequent breakdown events;
- ❑ Improve the preventive actions who already are implemented but not undertaken or incorrectly undertaken by the operators;
- ❑ Reduce the long periods of time spent by maintenance technicians to repair machines and equipment.

### METHODS

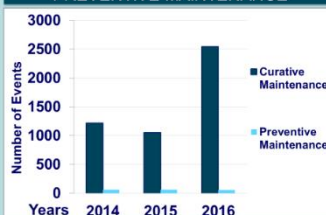
The research methodology adopted to undertake this study was:

- ❑ The mapping of the company's maintenance process;
- ❑ Identification of the main problems and improvement potential of the process for this sector;
- ❑ The implementing autonomous maintenance on the company's production line;
- ❑ Detecting critical points on machines to decide on a corrective action;
- ❑ The analysis of the results obtained through the implementation of this technique in this study.

### MAPPING OF THE MAINTENANCE SECTOR



### RELATION BETWEEN CURATIVE AND PREVENTIVE MAINTENANCE



### DESCRIPTION OF STAGES IN THE IMPLEMENTATION OF AUTONOMOUS MAINTENANCE

Stage	Description	Action Undertaken
1	Initial cleaning	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cleaning Instructions implementation (drawing up of a page for each machine of the line, providing support to the operator clean the machine).</li><li>• Use of 5S philosophy (helps to eliminate dirt, keeping the surroundings clean and the tools close to the area where they are needed).</li></ul>
2	Elimination of dirt sources, and areas of difficult access	
3	Standardisation of cleaning and inspection	
4	General inspection of equipment	<ul style="list-style-type: none"><li>• Use of 1st level maintenance to identify machine problems (improvement of the previously used model).</li><li>• Use of visual management techniques with the objective of facilitating the detection by operators and maintenance technicians regarding machine problems.</li></ul>
5	Overall Inspection of the process	
6	Systemic autonomous maintenance	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cards implementation to report abnormalities or safety, maintenance and production improvements. The purpose is to develop a sense of autonomy in workers so that, when necessary, they feel free to express their ideas.</li><li>• Check-sheets drafting of for 1st level maintenance, as well as for cleaning actions, to serve as a control method in the application of these activities.</li></ul>
7	Autonomous management	
		<ul style="list-style-type: none"><li>• Training of operators and staff responsible for the AA3 line carried out, as well as preparation of the team and maintenance technicians, aiming to demonstrate the importance and results of this implementation.</li></ul>

### RESULTS

After the implementation and execution of the seven stages of autonomous maintenance, the following results were obtained with this improvement:

Table I. Number of interventions on line AA3 in 2017

Year 2017	Before Improvements		After Improvements	
	January	February	March	April
Number of Interventions	127	134	120	97

Table III. MTBF and MTTR data for line AA3 in 2017

Year 2017	Before Improvements		After Improvements	
	January	February	March	April
MTBF (h)	267,25	227,65	278,34	300,05
MTTR (h)	0,71	0,75	0,68	0,63

Table II. OEE results before and after the implementation of autonomous maintenance

Year 2017	Before Improvements		After Improvements	
	January	February	March	April
Availability (A)	75%	74%	80%	85%
Quality (Q)	99%	97%	99%	98%
Performance (P)	99%	98%	98%	98%
OEE = A x Q x P	74%	70%	78%	82%

### CONCLUSIONS

- ❑ This project resulted in a significant decrease in the number of interventions on the line, and thus contributed greatly to the 10% increase in the monthly rate of machine availability, as well as 8% in OEE during the same period of time;
- ❑ Simultaneously, and as a consequence of these applications, there was also an increase in MTBF, as well as a reduction in MTTR due to the use of visual management practices;
- ❑ All this was achieved through the use of techniques which directly tackle various types of waste and provide support in the continuous improvement of the process.

Organizaçã  
Universidade de Vigo

Manufacturing Engineering Society  
Sociedade de Engenharia de Fabricação

ALBERTO COLLEGO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE GALICIA

asime

Colaboran:

CONCELLO DE VIGO

DEPUTACIÓN DE PONTEVEDRA

UNED